> La canicule et la sécheresse de l'été 2015

Impacts sur l'homme et l'environnement

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

> La canicule et la sécheresse de l'été 2015

Impacts sur l'homme et l'environnement

Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV
Berne, 2016

Impressum

Éditeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Division Climat

Une coproduction de
Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Office fédéral de la santé publique (OFSP)
Office fédéral de la protection de la population (OFPP)
Office fédéral de la statistique (OFS)
Office fédéral de l'agriculture (OFAG)
Office fédéral de l'énergie (OFEN)
Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)
École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ)
Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)
WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF)
Université de Fribourg
Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH)

Groupe du projet
Roland Hohmann (direction du projet) et Martin Barben (OFEV), Markus Hohl (OFPP), Damiano Urbinello (OFSP).

Auteurs
Chapitre 1: Oliver Graf (dialog:umwelt) et Roland Hohmann (OFEV);
section 2.1: Stephan Bader (MétéoSuisse);
section 2.2: Martin Barben, Thilo Herold, Adrian Jakob, Caroline Kan, Päivi Rinta, Marc Schürch et Stephanie Zimmermann (tous de l'OFEV), Martin Hirschi, René Orth et Sonia I. Seneviratne (tous de l'EPF de Zurich), Ursula Schönenberger (Eawag);
section 2.3: Hugo Raetzo (OFEV), Matthias Huss (Université de Fribourg et EPF de Zurich), Jeannette Nötzli et Marcia Phillips (toutes deux du WSL-SLF), Benno Staub (Université de Fribourg);
section 3.1: Samuel Zahner (OFEV);
section 3.2: Daniel Felder (OFAG);
section 3.3: Michael Reinhard (OFEV);
section 3.4: Gian-Reto Walther (OFEV);
section 3.5: Rudolf Weber (OFEV);
section 3.6: Ana M. Vicedo-Cabrera, Martina Ragettli et Martin Röösli (Swiss TPH), Damiano Urbinello (OFSP), Markus Hohl (OFPP);
section 3.7: Lukas Gutzwiller et Christoph Plattner (OFEN);
chapitre 4: Roland Hohmann (OFEV) et Oliver Graf (dialog:umwelt).

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

Rédaction
Oliver Graf, dialog:umwelt

Traduction
Dominique Berthet

Correction
Jacqueline Dougoud

Graphisme, mise en page
Magma Branding

Remerciements
Nous remercions tous les services cantonaux qui ont bien voulu participer à notre enquête concernant les impacts de la canicule de l'été 2015 sur la gestion des eaux. Nos remerciements vont également à Mme Madlaina Juvalta, du WSL, pour son analyse des médias. Sans ces précieuses contributions, la section 3.1, en particulier, n'aurait pas pu voir le jour. La section 3.4 n'existerait pas non plus sans l'apport des participants à l'enquête relative aux impacts de cette période caniculaire sur la biodiversité. Que toutes ces personnes soient ici chaleureusement remerciées. Les exploitants des centrales nucléaires ont eu l'amabilité de nous fournir des données sur le manque à produire induit par les conditions météorologiques, informations qui nous ont été fort utiles pour la rédaction de la section 3.7, consacrée à la production d'électricité. Un grand merci enfin à toutes les autres personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à ce que la publication du présent rapport puisse être menée à bonne fin.

Photo de couverture
Des personnes profitent du soleil près du Rhin à Bâle, le 3 juillet 2015. KEYSTONE, Georgios Kefalas

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF
OFCL, Diffusion des publications fédérales, CH-3003 Berne
www.publicationsfederales.admin.ch
Numéro de commande: 810.200.023f
www.bafu.admin.ch/uz-1629-f

Impression neutre en carbone et faible en COV sur papier recyclé

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2016

> Table des matières

> Abstracts **5**
> Avant-propos **6**

1 Introduction **9**

2 La canicule et la sécheresse de l'été 2015 **12**
2.1 Météorologie 12
2.2 Eaux 24
2.3 Glaciers et pergélisol 43

3 Impacts de la canicule et de la sécheresse **49**
3.1 Gestion des eaux 49
3.2 Agriculture 55
3.3 Forêts 65
3.4 Biodiversité 71
3.5 Qualité de l'air 77
3.6 Santé 82
3.7 Production d'électricité 89

4 Perspectives **95**
4.1 La canicule de l'été 2015, signe avant-coureur des changements climatiques à venir 95
4.2 Conclusions 100

> Bibliographie **104**

> Abstracts

The summer of 2015 is the second warmest summer ever recorded in Switzerland after 2003. It is characterized by low water levels and low levels of drainage water, strong glacier shrinkage and a record-high warming of permafrost. Heat and drought affect health, agriculture, forest fire risk, biodiversity, air quality and energy production. Because of the summer heat, around 800 additional deaths are to be lamented in 2015 than in a normal year. The water supply situation in 2015 is less tense than in 2003. By the mid-21st century, conditions such as those in summer of 2015 are likely to become the norm.

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

Der Sommer 2015 ist in der Schweiz nach 2003 der zweitwärmste Sommer, der je gemessen wurde. Er ist geprägt durch niedrige Pegelstände und geringe Abflussmengen in den Gewässern, starken Gletscherschmelze und eine rekordhohe Erwärmung von Permafrostböden. Hitze und Trockenheit haben Auswirkungen auf Gesundheit, Landwirtschaft, Wald, Biodiversität, Luftqualität und Stromproduktion. Wegen der Sommerhitze sind 2015 rund 800 Todesfälle mehr zu beklagen, als in einem normalen Jahr. Bei der Wasserversorgung ist die Lage 2015 weniger angespannt als 2003. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts dürften Verhältnisse wie im Sommer 2015 zum Normalfall werden.

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

L'été 2015 est, après celui de 2003, le deuxième été le plus chaud jamais enregistré en Suisse. Il se distingue par les bas niveaux d'eau et les faibles débits des cours d'eau, par une forte fonte des glaciers et par un réchauffement record des terrains à pergélisol. Canicule et sécheresse ont des impacts sur la santé, l'agriculture, le risque d'incendie de forêt, la biodiversité, la qualité de l'air et la production d'électricité. La canicule de l'été 2015 a provoqué quelque 800 décès de plus que ce qui aurait été attendu lors d'une année normale. En matière d'approvisionnement en eau, la situation s'est révélée moins tendue en 2015 qu'en 2003. Les conditions météorologiques de l'été 2015 devraient devenir la norme d'ici le milieu de ce siècle.

Mots-clés:
canicule, sécheresse, climat, eaux, glaciers, santé, approvisionnement en eau, agriculture, forêts, biodiversité, protection de l'air, force hydraulique, adaptation

In Svizzera l'estate del 2015 è stata la seconda più calda dall'inizio delle misurazioni, dopo quella del 2003. È stata contrassegnata da livelli delle acque bassi e deflussi scarsi, un forte scioglimento dei ghiacciai e un riscaldamento da primato dei suoli di permafrost. Il caldo e la siccità hanno effetti sulla salute, l'agricoltura, il pericolo d'incendio di boschi, la biodiversità, la qualità dell'aria e la produzione di energia elettrica. L'estate canicolare 2015 ha causato 800 decessi in più rispetto a un anno nella media. Per quanto concerne l'approvvigionamento di acqua, nel 2015 la situazione è stata meno grave che nel 2003. Entro la metà del XXI secolo condizioni come quelle che hanno caratterizzato l'estate 2015 diventeranno la norma.

Parole chiave:
canicola, siccità, clima, acque, ghiacciai, salute, approvvigionamento idrico, agricoltura, bosco, biodiversità, protezione dell'aria, forza idrica, adattamento

> Avant-propos

L'été 2015 restera dans les mémoires comme une longue période de beau temps, de canicule et de sécheresse. En Suisse, c'est le deuxième été le plus chaud de tous les temps, après celui de 2003. Dans certaines parties du pays, le mois de juillet 2015 a même été le mois le plus caniculaire jamais répertorié. Les pénuries d'eau qui ont touché l'agriculture, la problématique des îlots de chaleur urbains, les risques et les opportunités pour la viticulture, les mesures de sauvetage prises pour les poissons et la fonte accélérée des glaciers ont fait l'objet d'une large couverture médiatique.

La canicule de l'été 2015 cadre parfaitement avec la dynamique de réchauffement climatique que nous observons. Ce qui était considéré comme très improbable il n'y a encore que 50 ans devrait devenir la norme d'ici le milieu de ce siècle. Il nous faut donc prendre des mesures supplémentaires de prévention et de précaution afin d'être bien préparés à la multiplication prévue des périodes de canicule et de sécheresse. Le Conseil fédéral a déjà ouvert la voie avec la stratégie «Adaptation aux changements climatiques en Suisse». Cette dernière devra être mise en œuvre et son développement devra être poursuivi dans les années à venir.

Les conditions météorologiques exceptionnelles posent des problèmes à notre pays. Il est important d'en tirer les enseignements qui s'imposent, de manière à gérer encore mieux les événements à venir. S'agissant de la sécheresse, la situation en 2015 a été moins tendue qu'en 2003, notamment parce que les mesures prises depuis lors pour la maîtrise à court terme des pénuries d'eau se sont révélées efficaces. Il en va tout autrement pour la canicule: elle a fait à peu près autant de victimes en juillet et en août 2015 qu'à l'été 2003. Certaines régions ont activé des plans canicule prévoyant notamment le suivi des groupes de personnes les plus vulnérables. C'est vraisemblablement grâce à ces mesures renforcées que la région de l'Arc lémanique a pu réduire sensiblement la surmortalité due à la canicule par rapport à l'été 2003. La Confédération et les cantons doivent maintenant analyser la situation afin que toutes les régions concernées puissent tirer parti de l'expérience acquise.

La canicule estivale est surtout difficile à supporter pour la population des villes et des agglomérations, car l'effet d'îlot de chaleur urbain accentue les impacts des températures élevées. À long terme, il s'agira donc de réduire au maximum cet effet d'îlot de chaleur et d'aménager nos villes de manière à ce qu'elles continuent d'offrir une bonne qualité de vie et de séjour en dépit du réchauffement du climat. Pour ce faire, il faut planifier et garantir le maintien de suffisamment d'espaces non bâtis comportant de la verdure et des zones ombragées, et ce malgré la nécessaire densification vers l'intérieur et l'augmentation du prix du sol. Il faut également assurer l'afflux d'air frais en provenance des régions environnantes et faire en sorte que cet air puisse circuler.

Toutes ces mesures d'adaptation ne servent toutefois qu'à combattre des symptômes. Le principal levier de la lutte contre la multiplication des périodes de canicule et de sécheresse reste la réduction des émissions de gaz à effet de serre, car il s'attaque à la cause du problème. Les mesures d'adaptation ne sont possibles et supportables économiquement que si nous réussissons à limiter l'ampleur des changements climatiques. Un nouvel accord sur le climat a été adopté en 2015 à Paris. La Suisse y adhérera vraisemblablement en 2017. D'ici 2030, elle réduira de 50 % ses émissions de gaz à effet de serre, à raison de 30 % sur son territoire. D'autres réductions devront suivre, afin d'éviter que les étés des années 2050 ne soient encore plus chauds que celui de 2015.

Marc Chardonnens
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 (OFSP)

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

Bernard Lehmann
Directeur
Office fédéral de l'agriculture (OFAG)

1 > Introduction

En 2015, la Suisse a été frappée pour la deuxième fois (la première remonte à 2003) par une période de canicule intense et de sécheresse prononcée. Si ce type d'épisode est perçu aujourd'hui comme exceptionnel, il devrait devenir la norme d'ici le milieu de ce siècle du fait du dérèglement climatique. L'analyse des impacts de l'été 2015 sur l'homme et l'environnement revêt donc une importance fondamentale pour l'adaptation aux changements climatiques.

Un concept nouveau

L'expression «été caniculaire» est pour ainsi dire née en 2003. Cet été-là, les températures ont dépassé de deux à trois degrés celles des périodes de fortes chaleurs estivales survenues auparavant. Pour les climatologues, c'était l'été le plus chaud depuis au moins 500 ans et l'on considérait alors qu'il s'agissait d'un événement comme il s'en produit tout au plus un par millénaire (ProClim 2005). Mais quelques années plus tard, la Suisse a de nouveau été touchée par un événement du même ordre. Si la canicule de l'été 2015 a été un peu moins intense que celle de l'été 2003, ses impacts sont néanmoins similaires dans certains domaines.

Importante couverture médiatique

Un regard dans la banque de données des médias suisses[1] montre que la canicule de l'été 2015 a fait l'objet d'une importante couverture médiatique. Si l'on effectue une recherche portant sur les mots-clés «été caniculaire» et «Hitzesommer» pour l'année 2003, on trouve quelque 350 articles de presse, contre 26 pour toutes les années précédentes depuis le lancement de la banque de données en question, intervenu au milieu des années 1990. Pour 2015, on dénombre près de 1000 articles de presse sur le thème de la canicule.[2] De plus, l'analyse des contributions des médias et des questions qu'ils ont posées en 2015 à l'Office fédéral de l'environnement met en évidence un pic d'attention médiatique axé sur les thèmes suivants: record de température, sécheresse, niveaux des eaux, danger d'incendies de forêt, qualité de l'air, climat, glaciers, impacts sur la faune et la flore. Ce pic d'attention est enregistré en juillet et se prolonge dans certains cas pendant une bonne partie du mois d'août. En novembre, l'intérêt des médias pour les impacts de la météo augmente à nouveau, mais il est centré cette fois sur la sécheresse (OFEV 2016a).

L'importance de l'analyse pour l'adaptation

Tous les événements extrêmes ne peuvent pas être imputés directement aux changements climatiques. Toutefois, l'analyse approfondie de certains d'entre eux est riche en enseignements utiles pour l'adaptation aux changements climatiques. C'est le cas de la canicule de l'été 2003 ainsi que de celle de l'été 2015 et de la période de sécheresse qui s'est ensuivie en automne de la même année. Toute une série de publications a été consacrée aux enseignements à tirer de la canicule de l'été 2003 (Bader 2004, OFEFP et al. 2004, Grize et al. 2005, ProClim 2005). Le présent rapport analyse les

1 Recherche électronique sur www.swissdox.ch

2 Si, dans la banque de données des médias suisses, on ne prend en compte que les grands journaux et ceux dont les données sont enregistrées en continu, on obtient, avec les mots-clés «été caniculaire» et «Hitzesommer» environ un tiers de plus de résultats pour l'année 2015 que pour l'année 2003.

événements météorologiques, hydrologiques et glaciologiques survenus en été et en automne 2015 (chap. 2), décrivant leurs effets sur la gestion des eaux, l'agriculture, les forêts, la biodiversité, la qualité de l'air, la santé et la production d'électricité (chap. 3). Pour évaluer avec le plus de précision possible les impacts de la canicule et de la sécheresse, différents ensembles de données ont été analysés et des enquêtes ont été menées auprès d'instances spécialisées, cantonales ou autres. Les analyses regroupées au chapitre 3 ont été dans la mesure du possible effectuées avec les mêmes méthodes que pour la canicule de l'été 2003.

Mise en perspective des conditions météorologiques, de l'état des eaux et des glaciers

Le chapitre 2 permet une mise en perspective – par rapport aux années précédentes et à l'été 2003 – tant des températures de l'été 2015 que de la sécheresse qui a marqué l'automne de la même année. Comme on peut le lire à la section 2.1, l'été 2015 est le deuxième été le plus chaud qu'ait connu la Suisse depuis le début des mesures. Par certains aspects, la chaleur et la sécheresse de 2015 auront même été plus sévères que celles de 2003. Ainsi, des records absolus de température ont été enregistrés en juillet et en août, et juillet a été marqué en de nombreux endroits par un nombre encore inégalé de nuits tropicales. De plus, la sécheresse a persisté dans de nombreuses régions jusqu'à la fin de l'année. Comme le montre la section 2.2, la température des fleuves, rivières, torrents et ruisseaux a grimpé presque aussi haut qu'en 2003, les cours d'eau non soumis à des influences glaciaires ont connu des étiages marqués, et les lacs non régulés et les petits lacs du Plateau ont affiché des niveaux exceptionnellement bas. Les glaciers ont perdu une quantité de glace supérieure à la moyenne. De très nombreux éboulements se sont produits dans les Alpes suisses. Les terrains à pergélisol ont atteint la température la plus élevée depuis le début des mesures, et les glaciers rocheux se sont déplacés encore plus vite qu'en 2003. Tout cela est expliqué à la section 2.3.

L'approvisionnement en eau moins tendu en 2015 qu'en 2003

Comme le montre la section 3.1, la canicule et la sécheresse n'ont mis sous pression l'approvisionnement en eau potable que localement et dans une mesure minime. Une mise en réseau intelligente des infrastructures de distribution devrait permettre de fournir de l'eau potable en suffisance à toute la population même lorsque les changements climatiques auront progressé. Les prélèvements d'eau aux fins de l'irrigation des terres agricoles ont certes dû être limités dans certaines régions, mais la situation n'a pas atteint le même degré de tension qu'en 2003. Certains cantons ont par ailleurs mis en œuvre des procédures améliorées de maîtrise des pénuries d'eau.

Stress thermique pour les animaux de rente, importants besoins d'irrigation et pertes de rendement

Comme l'explique la section 3.2, l'été 2015 aura été, à l'instar de l'été 2003, synonyme de stress thermique accru pour les animaux de rente. Dans bien des cas, le rendement des surfaces herbagères a diminué sous l'effet de la sécheresse. Les pertes de rendement ont été plus importantes en plaine qu'en altitude. Dans les grandes cultures, où les besoins d'irrigation ont fortement augmenté par rapport à la normale, certaines cultures importantes comme la pomme de terre et le maïs ont subi de lourdes pertes de rendement.

Pas de gros incendies de forêt, incertitudes quant au développement des organismes nuisibles

La section 3.3 donne une vue d'ensemble de la situation des forêts. Si de nombreux petits incendies de forêt ont été signalés, il n'y a pas eu de sinistres de grande ampleur, notamment grâce à des campagnes d'information, à la surveillance et aux interdictions de faire du feu édictées sur une bonne partie du territoire. Le nombre de foyers du bos-

tryche typographe a nettement augmenté par rapport à l'année précédente, surtout dans certaines régions de plaine et du Jura. Il faudra attendre quelques années pour savoir si une prolifération massive est à craindre.

En principe pas d'impact irréversible sur la biodiversité

Comme on peut le voir à la section 3.4, la sécheresse et la canicule de l'été 2015 ont eu des impacts manifestes sur la biodiversité, mais si de telles conditions météorologiques ne se reproduisent pas dans l'immédiat, il n'y a pas de conséquences durables à craindre. La plupart des cantons se sont fondés sur l'expérience acquise en 2003 pour mettre en œuvre des mesures visant à atténuer les impacts de la canicule de l'été 2015.

L'air moins pollué en 2015 qu'en 2003

La section 3.5 montre que, en matière d'ozone, la situation s'améliore peu à peu grâce à la limitation des gaz précurseurs. En été 2015, on a certes mesuré des concentrations élevées d'ozone, mais elles sont restées nettement plus basses qu'en été 2003.

Impact sur la mortalité: pas de grandes différences entre 2003 et 2015

L'impact le plus dramatique de la canicule de l'été 2015, ce sont les nombreux décès qu'elle a provoqués. Comme le montre la section 3.6, on a enregistré pendant la période de juin à août 2015 quelque 800 décès de plus que ce qui aurait été normal. Les personnes âgées ont été les plus touchées. La mortalité de l'été 2015 est comparable à celle de l'été 2003.

Production d'électricité élevée grâce au turbinage précoce de l'eau des lacs d'accumulation

Enfin, la section 3.7 montre que, au cours du second semestre 2015, les centrales au fil de l'eau ont produit nettement moins de courant qu'à l'accoutumée en raison de la sécheresse et que, dans les bassins versants non alimentés par de l'eau de fonte, de petites usines électriques ont même dû être totalement arrêtées. Sur l'ensemble de l'année, la production hydroélectrique est néanmoins supérieure à la moyenne des années précédentes, ce qui s'explique notamment par la «vidange» des lacs d'accumulation intervenue dès l'automne 2015 afin de produire du courant.

Des mesures supplémentaires sont nécessaires malgré les succès obtenus

Le chapitre 4 met en perspective les conditions météorologiques de l'été 2015 par rapport à l'évolution prévue par les modèles climatiques et tire des conclusions sur la gestion de la canicule et de la sécheresse. D'ici le milieu de ce siècle, les conditions météorologiques qui ont caractérisé l'été 2015 devraient devenir la norme. Les impacts sur la santé, en particulier, ont été sévères (même si certaines régions ont géré la situation avec succès), si bien que des mesures et des précautions supplémentaires s'imposent. Quant à la gestion de la sécheresse, elle a engendré moins de situations tendues à court terme qu'en 2003, ce qui s'explique en grande partie par les enseignements tirés de ce premier épisode. Mais là aussi, des efforts supplémentaires sont nécessaires à moyen et à long terme.

Collaboration entre plusieurs offices fédéraux et instituts

Le présent rapport est le fruit d'une collaboration entre les offices fédéraux de l'environnement (OFEV), de la santé publique (OFSP), de la protection de la population (OFPP), de l'énergie (OFEN) et de l'agriculture (OFAG), de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse), l'Institut Tropical et de Santé Publique Suisse (SwissTPH), l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), l'Université de Fribourg, l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) et l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF).

2 > La canicule et la sécheresse de l'été 2015

2.1 Météorologie

En 2015, après un mois de mai riche en précipitations, la Suisse a connu son deuxième été le plus chaud depuis le début des mesures, en 1864. La période du plein été (mois de juillet et d'août) a même été la plus chaude jamais répertoriée. Le mois de juillet, en particulier, a été marqué par des périodes de canicule extrême comportant de nombreuses journées de canicule et, en de multiples endroits, par un nombre encore inégalé de nuits tropicales. La sécheresse estivale a toutefois été moins prononcée qu'en 2003.

Historique

Un hiver doux

Durant la première quinzaine de janvier 2015, la Suisse a été sous l'influence de courants doux en provenance de l'ouest et du sud-ouest, tandis que des courants du nord et du nord-ouest ont ramené l'hiver pendant la deuxième quinzaine du mois. Le mois de février s'est lui aussi montré hivernal, avec des températures inhabituellement basses et des chutes de neige jusqu'en plaine des deux côtés des Alpes. Néanmoins, l'hiver[3] 2015 est resté globalement doux, avec un excédent thermique de 0,7 degré par rapport à la période 1981–2010[4].

Une fin de printemps marquée par des précipitations records

Le mois de mars 2015 débute par quelques journées grises et arrosées, suivies jusque vers le milieu du mois par un temps anticyclonique ensoleillé. La situation redevient hivernale à la fin du mois, avec de la neige jusqu'à 600 m d'altitude et des conditions tempétueuses des deux côtés des Alpes.

Le mois d'avril est plutôt calme, ensoleillé et doux. Une période de fortes précipitations débute à la fin du mois. Il tombe en moyenne quelque 100 mm de pluie en six jours. Ce sont le Bas-Valais, les Alpes vaudoises et la partie avoisinante de l'Oberland bernois qui connaissent les plus fortes précipitations (200 mm ou plus en altitude). Vers la mi-mai, plusieurs stations de mesure enregistrent de très fortes précipitations, surtout dans la partie ouest des Alpes et l'Oberland bernois, ce qui fait de mai 2015 le mois de mai le plus arrosé depuis le début des mesures.

3 Contrairement aux saisons astronomiques, les saisons météorologiques commencent le premier jour du mois (le 1er mars pour le printemps, le 1er juin pour l'été, le 1er septembre pour l'automne et le 1er décembre pour l'hiver).

4 Dans la suite du présent document, les conditions climatologiques de certaines années sont comparées avec le climat moyen actuel sur la base de la période de référence allant de 1981 à 2010 (norme). S'agissant de l'évolution du climat à long terme, les comparaisons se fondent – conformément aux recommandations de l'Organisation météorologique mondiale – sur la période allant de 1961 à 1990 (norme).

Vue d'ensemble des températures estivales

Le deuxième été le plus chaud depuis le début des mesures

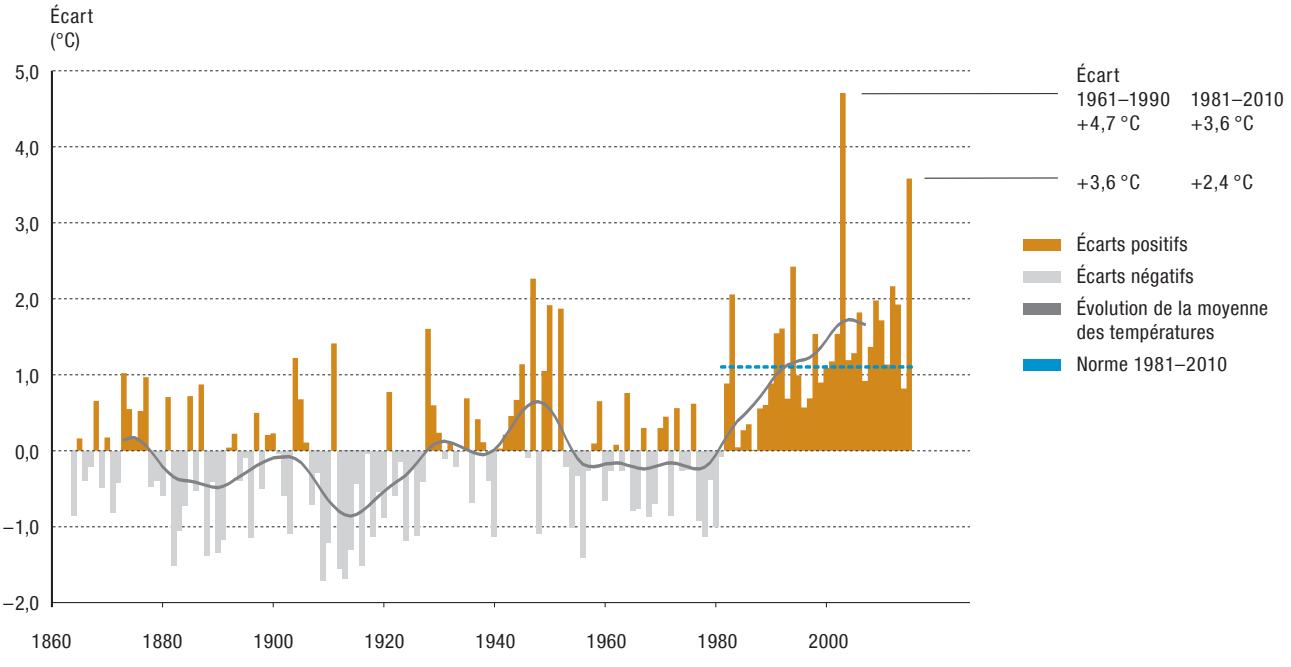
L'été 2015 est le deuxième été le plus chaud répertorié dans notre pays en 152 ans de mesures (fig. 1, MétéoSuisse 2016). Au nord des Alpes, on a enregistré dans certaines régions un excédent thermique de 2,0 à 2,5 degrés par rapport à la norme des années 1981–2010, excédent qui est un peu moins extrême au sud des Alpes puisqu'il reste compris dans une fourchette de 1,6 à 2,3 degrés. La Suisse n'a connu d'été plus chaud qu'en 2003, année où les températures ont atteint un degré de plus environ.

Record de chaleur pour la période du plein été

La période du plein été (mois de juillet et août) aura été la plus chaude enregistrées en Suisse depuis le début des mesures. L'excédent thermique par rapport aux années 1981–2010 s'est élevé à 2,7 degrés en moyenne. Il dépasse ainsi de peu celui du plein été 2003, qui s'était inscrit à 2,6 degrés.

Fig. 1

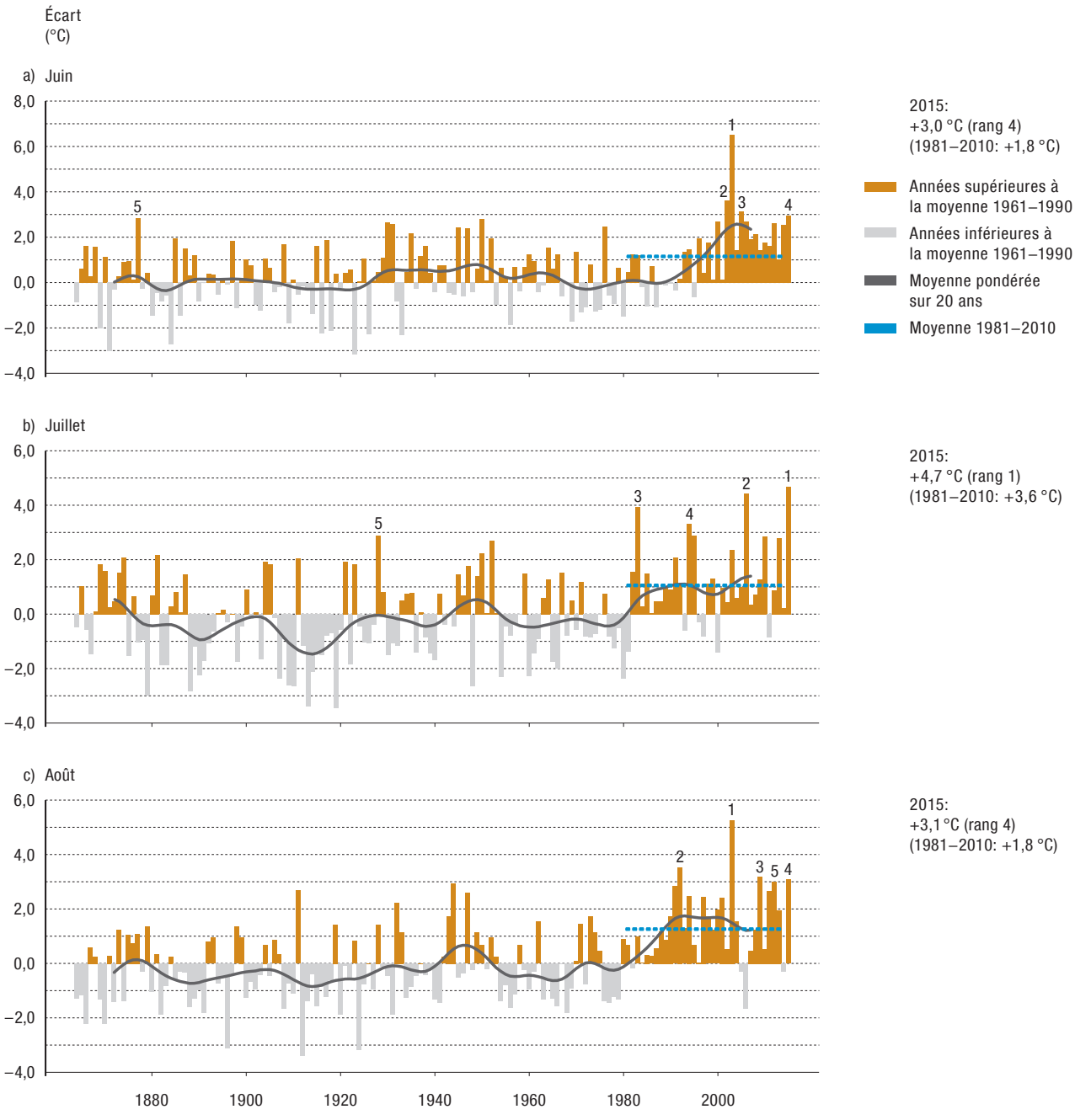
Écart des températures estivales en Suisse par rapport à la moyenne pluriannuelle (norme 1961–1990). Les écarts positifs (plus chaud) sont en orange, les écarts négatifs (plus froid) en gris clair. La courbe en gris foncé indique l'évolution de la moyenne des températures calculée sur 20 ans. La ligne bleue pointillée qui commence en 1981 représente la norme 1981–2010 (1,1 degré plus élevée que la norme 1961–1990). Tout à droite sont indiqués les excédents de température des étés 2003 et 2015 par rapport aux normes 1961–1990 et 1981–2010.



Source: MétéoSuisse

Fig. 2

Écart des températures de juin, juillet et août 2015 par rapport à la moyenne pluriannuelle (1961–1990) pour l'ensemble du pays. Les écarts positifs (plus chaud) sont en orange, les écarts négatifs (plus froid) en gris clair. La courbe en gris foncé représente l'évolution de la moyenne des températures calculée sur 20 ans. La ligne bleue pointillée représente la norme des années 1981–2010.



Source: MétéoSuisse

Un mois de juin chaud

Sur la moyenne de l'ensemble du pays, les températures de juin 2015 dépassent de 1,8 degré celles enregistrées pour la même période pendant les années 1981–2010 (fig. 2a). Juin 2015 aura donc été le quatrième mois de juin le plus chaud depuis le début des mesures. La chaleur a été particulièrement forte en Valais ainsi que dans les parties occidentale et centrale du versant nord des Alpes (excédent thermique de 2,2 degrés).

Canicule record en juillet

Juillet 2015 aura été le mois de juillet le plus chaud enregistré en Suisse depuis 1864. Sur la moyenne de l'ensemble du pays, la température a dépassé de 3,6 degrés la norme des années 1981–2010 (fig. 2b). Au sud des Alpes, en Engadine, en Valais et dans l'ouest de la Suisse, le mois de juillet aura été le plus chaud depuis le début des mesures (1864). Dans la plupart des autres régions, il fait partie des trois mois les plus chauds jamais répertoriés.

Encore de la canicule au mois d'août

Sur la moyenne de l'ensemble du pays, le mois d'août 2015 affiche un excédent thermique de 1,7 degré par rapport à la norme des années 1981–2010 (fig. 2c). Il s'agit du quatrième mois d'août le plus chaud depuis le début des mesures. Quant aux précipitations, elles sont supérieures à la moyenne en Valais et dans certaines régions du sud des Alpes, tandis que de vastes portions du pays connaissent une sécheresse inhabituelle.

Semaines de canicule estivale

Les périodes de canicule extrême sont généralement plus marquées dans l'ouest et le nord-ouest de la Suisse qu'au sud des Alpes. Les grandes vagues de chaleur de 2003 et de 1947 n'ont pas fait exception, puisque la moyenne des températures maximales a été plus élevée au nord qu'au sud des Alpes.

Semaine de canicule au nord des Alpes

Du 1er au 7 juillet, le nord des Alpes a connu l'une des semaines de canicule les plus extrêmes de ces 150 dernières années. Le dernier jour de cette semaine-là, Genève a fait état de la température la plus élevée jamais mesurée au nord des Alpes (39,7 degrés). Toujours à Genève, la moyenne sur sept jours des maximales journalières s'est élevée à 36,3 degrés, soit à peine moins que la valeur record de 36,7 degrés mesurée en 2003 (fig. 3a). À Bâle, à Neuchâtel, à Berne, à Lucerne et à Zurich, cette semaine de canicule est restée en deçà non seulement des valeurs de 2003, mais aussi de celles de 1947. Bâle a par ailleurs connu une semaine tout aussi chaude en 1952 (fig. 3b).

Semaine de canicule au sud des Alpes

Au sud des Alpes, la semaine la plus chaude de l'année 2015 s'est étendue du 17 au 23 juillet. La moyenne des températures maximales journalières enregistrées sur l'ensemble de la semaine à Locarno-Monti s'est élevée à 34,7 degrés, soit à peine moins que les 35,0 degrés enregistrés à cet endroit-là durant la semaine la plus chaude de 2013 (fig. 4a). À Lugano, la moyenne des maximales journalières a atteint 32,9 degrés. Seule la semaine caniculaire d'août 2003, avec ses 33,9 degrés, dépasse nettement cette valeur à cet endroit-là, mais des périodes de sept jours caractérisées par des températures similaires ont été enregistrées, toujours à Lugano, aux mois de juillet 1881 et 1945 (fig. 4b). La maximale journalière la plus élevée jamais mesurée au sud des Alpes reste celle de Grono en 2003: 41,5 degrés (tab. 2).

Les semaines de canicule en augmentation

La fréquence des périodes de canicules intenses d'une semaine a augmenté au cours des dernières décennies. Dans des régions comme l'ouest de la Suisse, qui a souvent été touché par de tels épisodes, elles se suivent à des intervalles plus courts. Les régions qui par le passé ne connaissaient guère de périodes de canicule intense doivent aujourd'hui s'attendre à ce que de tels phénomènes se produisent plus ou moins régulièrement. Selon les scénarios climatiques actuels, la probabilité que les vagues de chaleur augmentent fortement d'ici à la fin du siècle est très élevée (MétéoSuisse 2014).

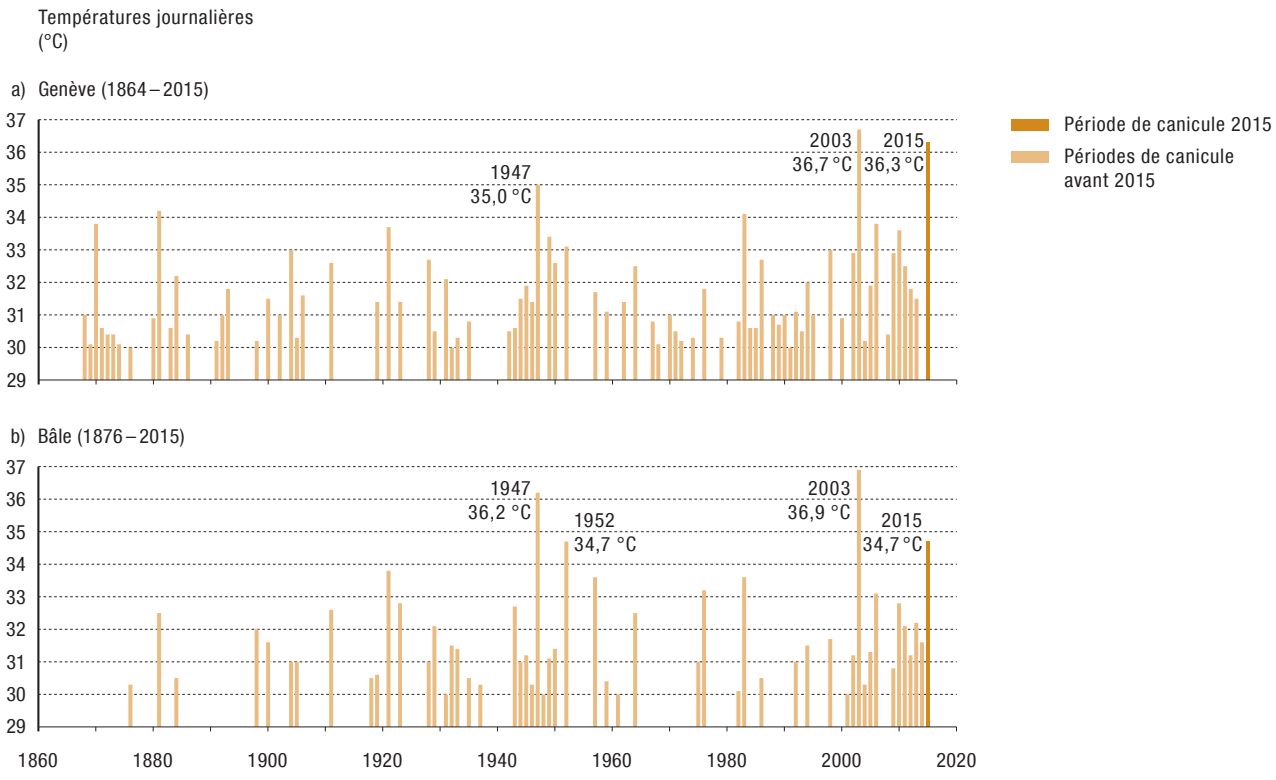
Journées de canicule et nuits tropicales

Nombre de journées de canicule: l'année 2015 au deuxième rang

En moyenne annuelle, on enregistre dix à quinze journées de canicule (température d'au moins 30 degrés) dans les plaines du nord des Alpes, quinze au sud des Alpes et seize en Valais. Exception faite de l'année record qu'est 2003, il n'y avait encore jamais eu autant de journées de canicule qu'en 2015: 44 en Valais, 34 à Genève, 27 à

Fig. 3

Moyennes des températures maximales journalières enregistrées pendant les périodes caniculaires de sept jours les plus intenses du nord des Alpes (moyenne des maximales journalières d'au moins 30 degrés). La période de canicule allant du 1er au 7 juillet 2015 est en orange foncé.



Source: MétéoSuisse

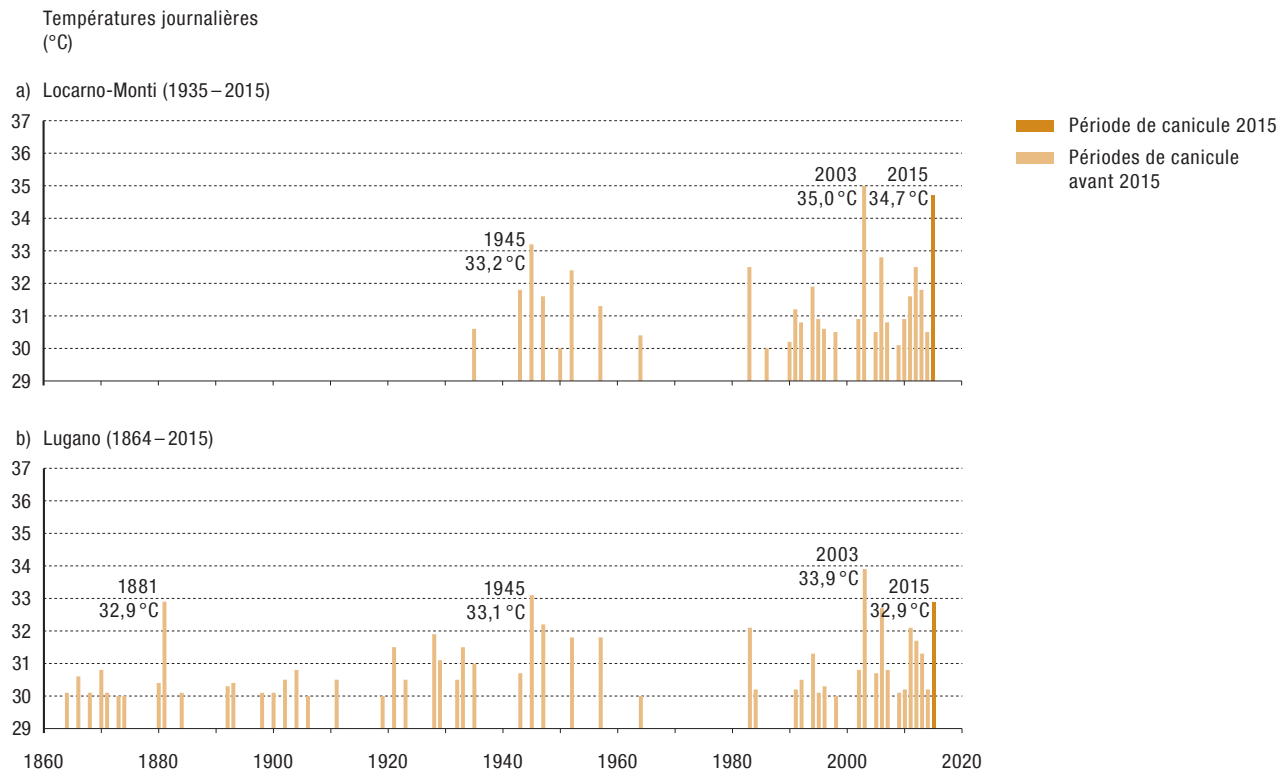
Lugano et 26 à Zurich. L'importance des différences par rapport à 2003 varie d'une région à l'autre: à Zurich, on n'avait enregistré qu'une seule journée de canicule de plus en 2003, tandis qu'à Lugano, on en avait connu 20 de plus (tab. 2).

Un nombre inégalé de nuits tropicales au niveau régional

2015 et 2003 sont les deux années ayant enregistré le plus de nuits tropicales, c'est-à-dire de nuits lors desquelles le thermomètre ne descend pas au-dessous de la limite des 20 degrés. Si le Tessin et la région lémanique ont connu moins de nuits tropicales en 2015 qu'en 2003, le record établi en 2003 a été dépassé en 2015 dans la région des Trois-Lacs, dans de vastes portions du nord-est de la Suisse, dans la région du Plateau lucernois et du lac des Quatre-Cantons de même que dans la partie du Plateau située à l'est de la Reuss et dans la vallée du Rhin près de Coire (tab. 1).

Fig. 4

Moyennes des températures maximales journalières enregistrées pendant les périodes caniculaires de sept jours les plus intenses du sud des Alpes (moyenne des maximales journalières d'au moins 30 degrés). La période de canicule allant du 17 au 23 juillet 2015 est en orange foncé.



Source: MétéoSuisse

Limite estivale du zéro degré

La limite du zéro degré s'établit en haute altitude durant tout le mois de juillet

Pendant les périodes de canicule estivale, la limite du zéro degré s'élève jusqu'à l'altitude des plus hauts sommets, voire encore plus haut. En 2015, elle s'est établie à 3941 m d'altitude sur la moyenne des trois mois d'été, soit à quelques mètres de moins qu'en 2003 (fig. 5). En juillet, de même que pendant la première quinzaine et le dernier

Tab. 1

Les dix maximales journalières les plus élevées jamais enregistrées par le réseau de mesures de MétéoSuisse. Les données de Genève remontent jusqu'en 1864, celles de Bâle jusqu'en 1876. Les autres séries de mesures portent sur 55 ans au plus. Les données en gras correspondent aux valeurs records enregistrées en 2015.

Site de mesure	Date	Rang	Temp. maximale journalière en degrés °C	Site de mesure	Date	Rang	Temp. maximale journalière en degrés °C
Grono	11.08.2003	1	41,5	Grono	09.08.2003	6	38,5
Genève	07.07.2015	2	39,7	Bâle	31.07.1983	7	38,4
Genève	28.07.1921	3	38,9	Bâle	28.07.1921	8	38,4
Delémont	31.07.1983	4	38,8	Coire	28.07.1983	9	38,1
Bâle	13.08.2003	5	38,6	Nyon	07.07.2015	10	38,0

Source: MétéoSuisse

Tab. 2

Nombre de journées de canicule et de nuits tropicales enregistrées par six stations de mesure durant les mois de juin, de juillet et d'août 2015 et 2003, et différence entre 2015 et 2003. En bleu: les cas où la valeur 2015 est inférieure à la valeur 2003. En rouge: les cas où la valeur 2015 est supérieure à la valeur 2003.

Station	Journées de canicule			Nuits tropicales		
	2015	2003	Différence	**2015**	2003	Différence
Genève	34	50	–16	4	4	0
Sion	44	49	–5	5	0	5
Lugano	27	47	–20	28	45	–17
Bâle/Binningen	28	41	–13	9	7	2
Zurich/Fluntern	26	27	–1	9	2	7
Engelberg	6	6	0	0	0	0

Source: MétéoSuisse

tiers du mois d'août, elle s'est maintenue presque constamment à une altitude comprise entre 4000 et 4500 m. En été 2003, c'est avant tout en juin et en août que la limite du zéro degré a atteint des altitudes inhabituelles.

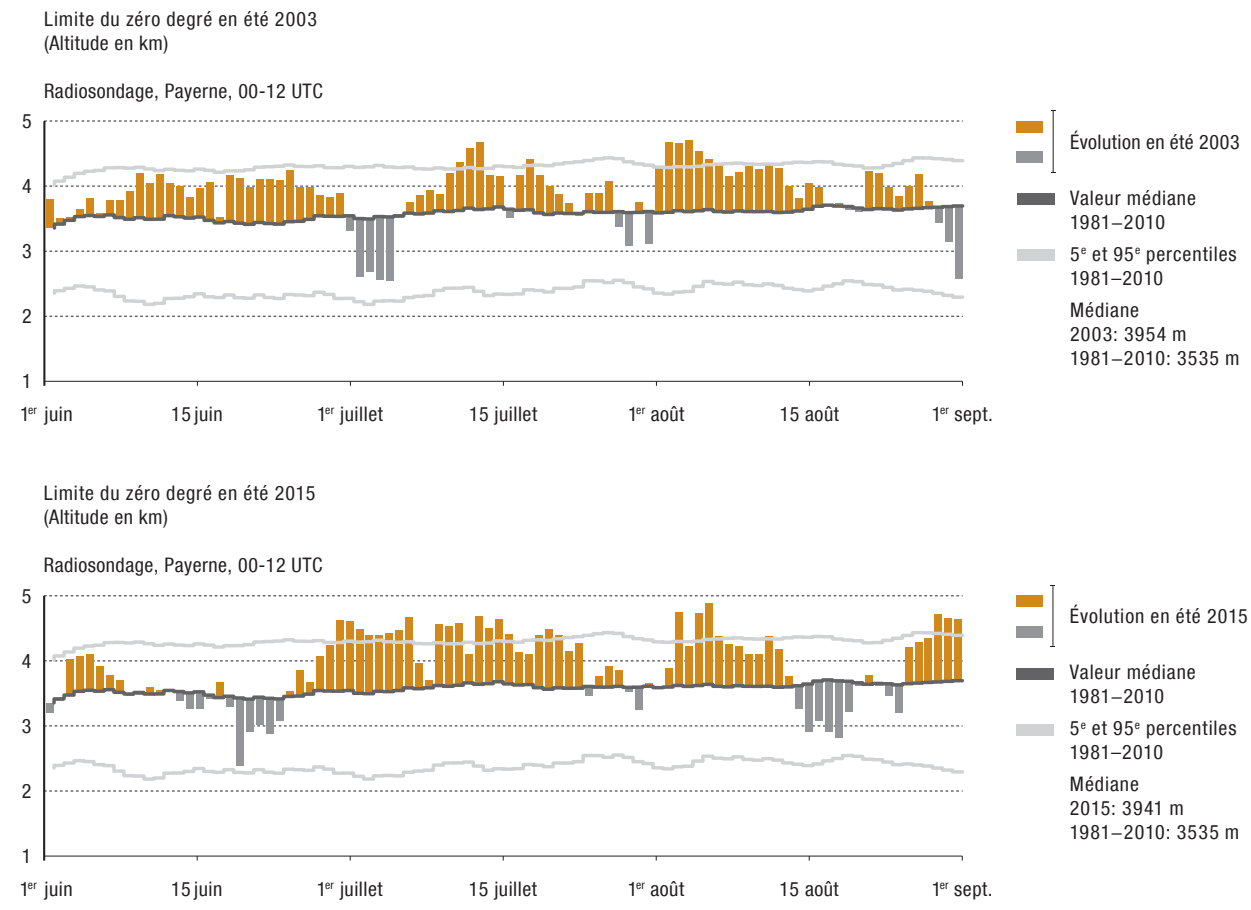
Sécheresse estivale

De faibles précipitations dans une grande partie du pays

En été 2015, le volume des précipitations est resté nettement en deçà de la moyenne de la période 1981–2010. Le mois de juillet en particulier a été très sec dans pratiquement toute la Suisse. Sur le Plateau, les précipitations n'ont même pas atteint la moitié de la normale saisonnière et, dans certaines régions du nord de la Suisse, elles ont été infé-

Fig. 5

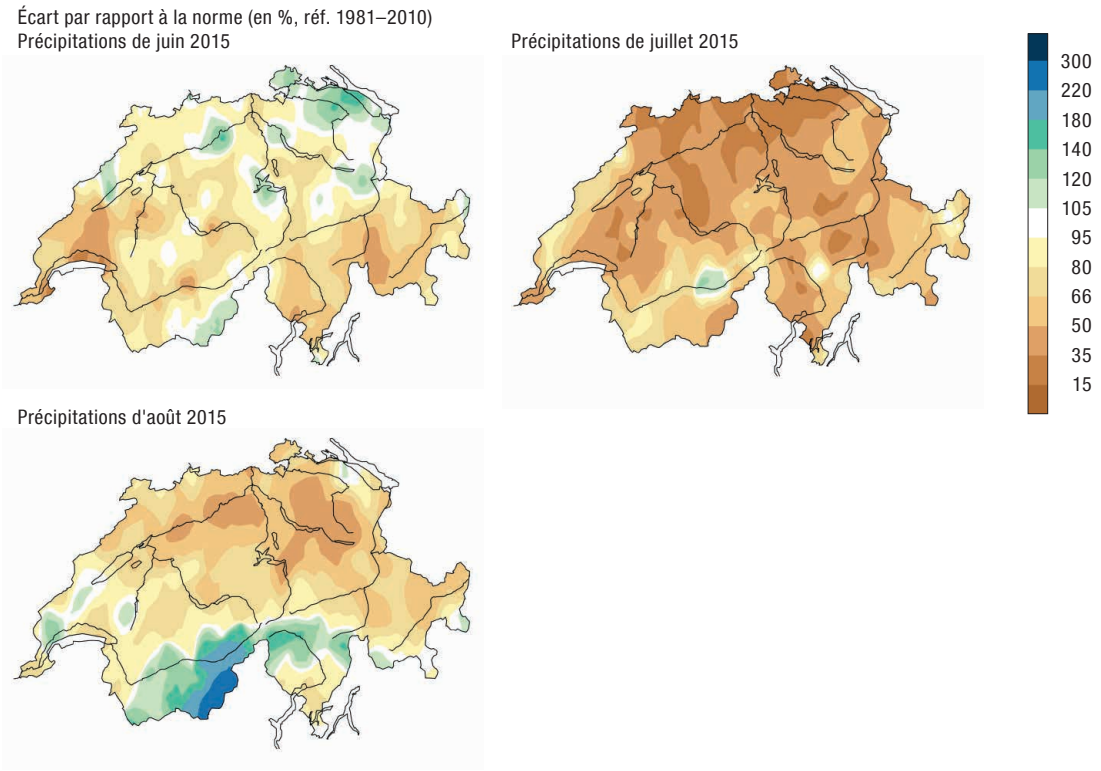
Niveau quotidien de la limite du zéro degré dans l'atmosphère au-dessus de Payerne en été 2003 (en haut) et 2015 (en bas). Les colonnes indiquent l'écart par rapport à la médiane de la période 1981–2010. En orange: écart positif (plus chaud). En gris: écart négatif (plus froid).



Source: MétéoSuisse

Fig. 6

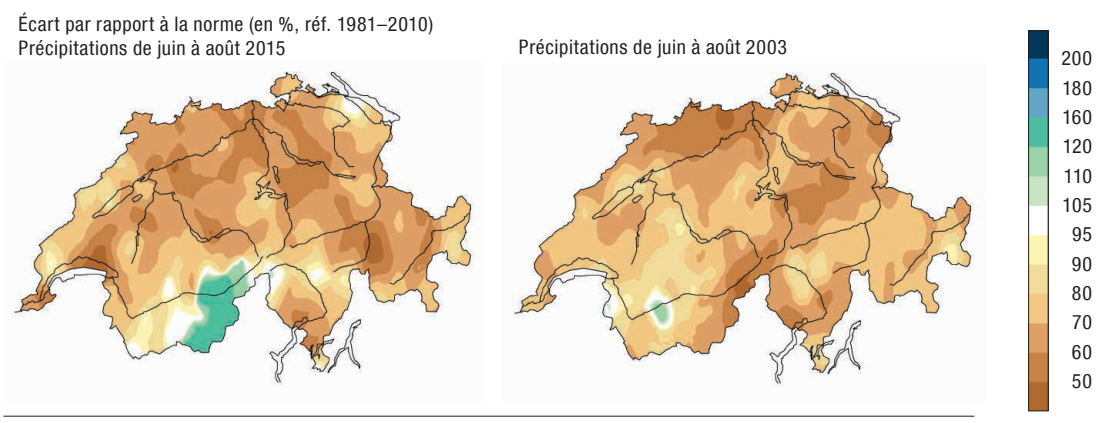
Écart mensuel, en %, des précipitations par rapport à la norme des années 1981–2010 pour les mois de juin, de juillet et d'août 2015.



Source: MétéoSuisse

Fig. 7

Écart en % des précipitations des étés 2015 (à gauche) et 2003 (à droite) par rapport à la norme des années 1981–2010.



Source: MétéoSuisse

rieures au tiers de cette valeur. Seuls le Valais et certaines régions du sud des Alpes ont connu des précipitations normales cet été-là, avec même des volumes supérieurs à la moyenne en août (fig. 6). Les années 2003 et 2015 sont en grande partie similaires (fig. 7).

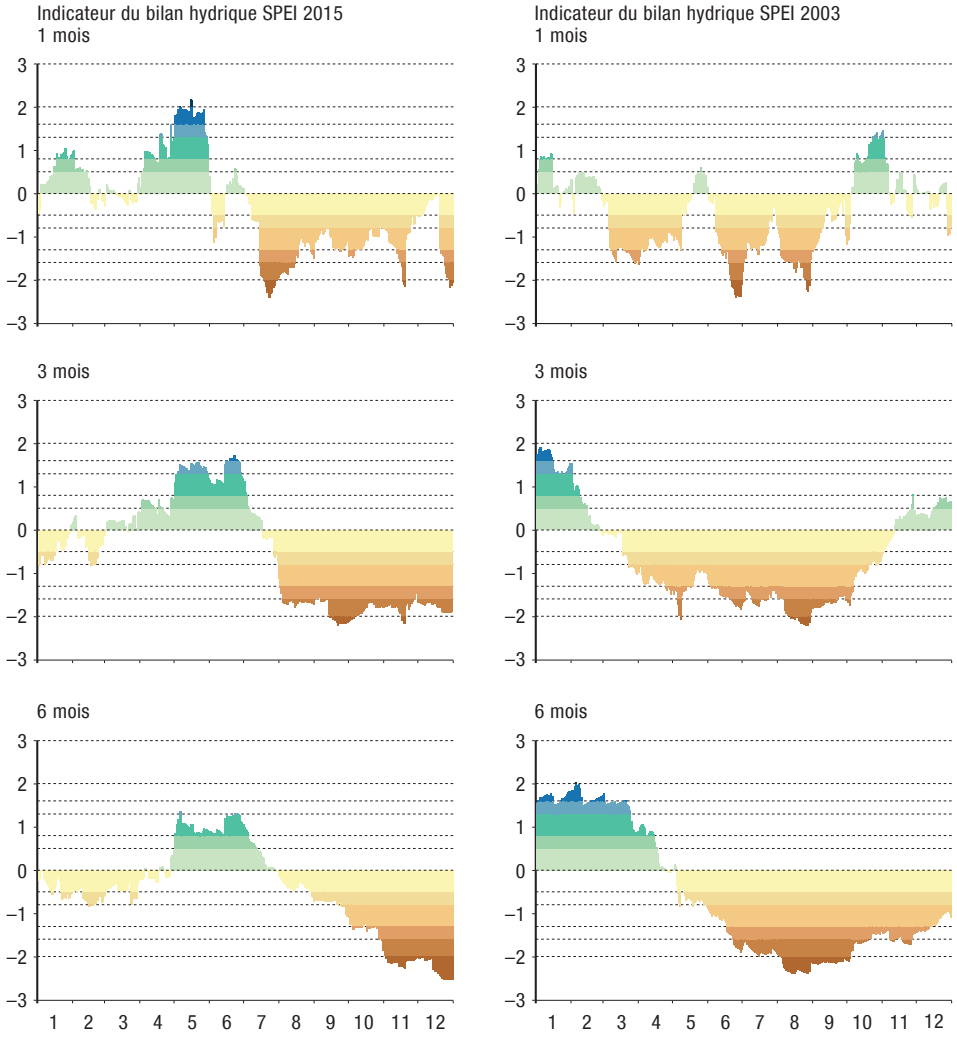
Une sécheresse extrême dans certaines régions

Avec à peine plus de la moitié des précipitations normales, Elm et Altdorf ont enregistré respectivement leur deuxième et troisième été le plus sec depuis le début des mesures, en 1878 et en 1864. Ces stations n'avaient plus connu de telle sécheresse

Une sécheresse extrême dans certaines régions

Fig. 8

Indicateur du bilan hydrique SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) *tenant compte de l'évolution des 1, 3 et 6 mois précédents à la station de Zurich pour les années 2015 (à gauche) et 2003 (à droite).*



Valeur d'indice	Catégorie	Fréquence de l'événement (par mois)
> 2	humidité extrême	1 x tous les 50 ans ou plus rarement
1,6 à 1,99	très forte humidité	1–2 x tous les 40 ans
1,3 à 1,59	forte humidité	1–2 x tous les 20 ans
0,8 à 1,29	humidité modérée	1–2 x tous les 10 ans
0,5 à 0,79	humidité légère	1–2 x tous les 5 ans
0,49 à −0,49	normal	
−0,5 à −0,79	sécheresse légère	1–2 x tous les 5 ans
−0,8 à −1,29	sécheresse modérée	1–2 x tous les 10 ans
−1,3 à −1,59	forte sécheresse	1–2 x tous les 20 ans
−1,6 à −1,99	très forte sécheresse	1–2 x tous les 40 ans
< −2	sécheresse extrême	1x tous les 50 ans ou plus rarement

Source: MétéoSuisse

depuis l'été 1983. À Locarno-Monti, l'été 2015 aura été le cinquième été le plus sec depuis le début des mesures (1883): les précipitations ont été inférieures à la moitié de la norme 1981–2010. On n'avait plus observé pareille sécheresse depuis 2013 et 1983 à cet endroit-là.

Le bilan hydrique fait état d'une sécheresse moindre qu'en 2003

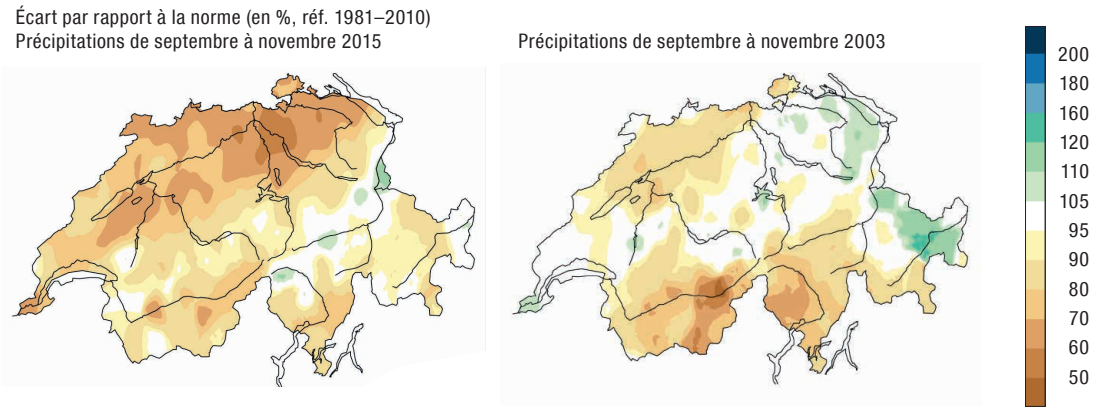
Le bilan hydrique dépend non seulement des précipitations, mais aussi de l'évaporation de l'eau par les feuilles des plantes ainsi que par la surface des sols et des eaux (évapotranspiration). Plus la température est élevée, plus l'évaporation augmente et plus le bilan hydrique devient vite négatif en l'absence de précipitations. Il existe un indicateur de sécheresse, le SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*, Begueria et al. 2014), qui montre la mesure dans laquelle un déficit (ou un excédent) d'eau accumulé sur plusieurs semaines est inhabituel en comparaison pluriannuelle. La station de mesure de Zurich, par exemple, a fait état de déficits en eau marqués aussi bien pendant l'été 2015 que pendant celui de 2003. Si l'on examine le déficit qui s'est accumulé en trois mois ou plus, on trouve en 2003 (surtout à partir du mois d'août) des phases de «sécheresse extrême» telles qu'il n'en survient que tous les cinquante ans. 2015 ne présente en revanche qu'une brève phase de «sécheresse extrême», qui n'apparaît clairement que si l'on examine le bilan hydrique sur une courte période (un mois). La différence entre ces deux années extrêmes s'explique avant tout par le fait que le printemps a été plus humide en 2015 (fig. 8).

Un automne sec et un mois de décembre presque sans neige

Le déficit de précipitations de l'été 2015 s'est poursuivi en automne (fig. 9). Seul le mois de septembre a été marqué par des précipitations supérieures à la moyenne sur des portions de territoire relativement importantes, à savoir dans l'ouest de la Suisse, au Tessin et aux Grisons. En octobre, les précipitations ont été inférieures à la moyenne dans une bonne partie du pays, et il n'a pratiquement pas plu en Suisse durant les trois premières semaines de novembre. Le sud des Alpes a encore connu une quasi-absence de précipitations (un autre record) en novembre et en décembre. Il n'est tombé que 0,8 mm d'eau

Fig. 9

Écart en % des précipitations des automnes 2015 (à gauche) et 2003 (à droite) par rapport à la norme des années 1981–2010.



Source: MétéoSuisse

à Lugano et à Locarno-Monti, alors que la normale est comprise entre 200 et 250 mm. La persistance d'un temps anticyclonique doux et pratiquement sans précipitations a entraîné un déficit d'enneigement marqué en début d'hiver dans toute la Suisse.

Rétrospective sur la canicule de l'été 2003

Même après l'été 2015, les températures extrêmes de l'été 2003 restent exceptionnelles, les températures moyennes mensuelles de juin et d'août 2003 figurant parmi les plus élevées dans l'histoire des mesures météorologiques effectuées en Suisse. De plus, c'est en été 2003 que l'on a connu la température la plus élevée jamais mesurée en Suisse: 41,5 degrés.

Le record du mois de juin est particulièrement impressionnant. La température mensuelle moyenne de l'ensemble du pays s'est élevée à 5,4 degrés de plus que la norme des années 1981–2010 et à au moins 3 degrés de plus que toutes les autres moyennes déterminées pour le mois de juin dans cette série de mesures, qui a débuté en 1864 (fig. 2a). Dans de nombreuses régions de Suisse, le mois de juin 2003 est ainsi le mois le plus chaud depuis le début des mesures, un record que le mois d'août 2003 a néanmoins battu en de nombreux endroits.

En août 2003, la température moyenne mensuelle de l'ensemble du pays a dépassé de 4 degrés la norme des années 1981–2010. Elle s'est ainsi inscrite à quelque 2 degrés au-dessus de toutes les températures moyennes enregistrées en août depuis le début des mesures (fig. 2c). La canicule du mois d'août 2003 se distingue en particulier par sa durée inhabituelle (Bader 2004; MétéoSuisse 2004; OFEFP, OFEG, MétéoSuisse 2004). En 2003, on a observé des températures extrêmes pendant une période ininterrompue de plus de deux semaines, alors que de telles températures n'ont perduré que pendant une semaine en 2015. En de multiples lieux, les températures maximales ont par ailleurs atteint des niveaux plus élevés en 2003 qu'en 2015. Du fait des températures très élevées qui ont persisté jusqu'à la fin du mois, août 2003 a été en de nombreux endroits plus chaud que le mois de juin de la même année, lui ravissant ainsi le record du mois le plus chaud jamais enregistré.

Les deux mois extrêmes qu'auront été juin et août 2003 ont porté la température de l'été en question bien au-dessus des valeurs connues empiriquement. En moyenne nationale, l'excédent s'est élevé à 5,5 degrés par rapport à la norme des années 1981–2010. C'est approximativement un degré de plus qu'en été 2015 et 2 à 2,5 degrés de plus que lors de tous les autres étés pris en compte depuis le début des mesures, qui remonte à 1864 (fig. 1).

Si la canicule persistante de juin 2003 est due à un anticyclone centré sur les Açores qui a déployé ses effets sur l'Europe pendant la quasi-totalité du mois, celle d'août 2003 s'explique par un anticyclone bloquant situé sur le nord de l'Europe (blocage dit en oméga). Dans les deux cas, les perturbations atlantiques qui auraient amené des précipitations et de l'air frais ont été détournées loin vers le nord.

La canicule persistante de l'été 2003 aura été synonyme de températures records en Suisse et dans toute l'Europe. Une reconstruction des températures jusqu'à l'an 1500 a montré que l'été 2003 a de loin été le plus chaud des 500 dernières années sur notre continent (Luterbacher et al. 2004).

2.2 Eaux

Après un premier semestre plutôt humide, la sécheresse et la canicule de l'été 2015 ont amené des niveaux d'eau supérieurs à la moyenne dans les fleuves, les rivières, les ruisseaux et les torrents des bassins versants englacés, alors qu'ils ont provoqué des étiages marqués dans les cours d'eau non soumis à des influences glaciaires. Les lacs non régulés et les petits lacs du Plateau ont eux aussi connu des niveaux inhabituellement bas. La température des eaux a atteint des niveaux record en juillet, sans toutefois se hisser jusqu'aux valeurs extrêmes de 2003. Les eaux souterraines ont atteint leur niveau le plus bas avec un certain décalage, soit vers la fin de l'année. Dans le nord de la Suisse, l'humidité du sol est restée plus longtemps inférieure aux normales saisonnières, tandis que dans le sud, la sécheresse n'a pas atteint l'ampleur de 2003.

Historique

Peu de neige au nord, enneigement supérieur à la moyenne au sud

Pendant l'hiver 2014/15, l'enneigement est resté nettement en deçà de la norme des années 1981–2010 sur le versant nord des Alpes au-dessous de 2200 mètres. À plus haute altitude, les conditions se sont en revanche inscrites dans la moyenne. Sur le versant sud des Alpes (à l'exception des vallées du sud des Grisons) et dans les régions immédiatement adjacentes au nord et à l'ouest, l'enneigement a atteint des valeurs supérieures à la moyenne.

Crues pendant la première quinzaine de mai

Le niveau des cours d'eau du nord et du nord-est de la Suisse a fortement augmenté pendant un certain temps en janvier sous l'effet combiné des précipitations et de la fonte des neiges. S'agissant des températures de l'air, la moyenne mensuelle s'est inscrite à un niveau inhabituellement élevé dès le mois de mars dans toute la Suisse, si bien que la fonte des neiges a commencé un peu plus tôt qu'à l'accoutumée. Des précipitations intenses se sont produites en mai, alors que la limite des chutes de neige était élevée, ce qui a accéléré la fonte des neiges. Le cinquième mois de l'année aura ainsi été synonyme de nombreuses situations de crue au nord des Alpes. L'arc lémanique ainsi que le bassin versant de l'Aar en aval du lac de Brienz, et en particulier les lacs du pied du Jura, ont été particulièrement touchés. La situation est néanmoins revenue partout à la normale au plus tard pendant la deuxième quinzaine du mois.

Au cours des cinq premiers mois de l'année 2015, les stations de mesure situées dans des zones d'influence glaciaires ont enregistré des débits (médiane mensuelle des moyennes journalières) pratiquement toujours supérieurs à la moyenne de la période de mesure considérée (fig. 10). Les cours d'eau situés dans des bassins versants non englacés ont eux aussi présenté jusqu'en mai des débits (médiane mensuelle des moyennes journalières) légèrement supérieurs à la moyenne de la période de mesure (fig. 11a–e). Ce n'est qu'au sud des Alpes que la sécheresse sévissant depuis le mois de mars a entraîné des débits inhabituellement bas dès le mois d'avril (fig. 11f).

Élévation de la température de l'eau en hiver, printemps moyen

La douceur de l'hiver 2015 a amené des températures supérieures à la moyenne dans de nombreux cours d'eau, ce qui a pu avoir des répercussions négatives sur le développement des œufs et des larves de poisson. On a observé des dépassements des maxima pluriannuels en Valais, au Tessin ainsi que sur le Plateau et dans le nord-ouest de la Suisse (Rhin). Les fortes précipitations et les températures plutôt douces du printemps 2015 se sont traduites par une évolution de la température de l'eau dans la moyenne (comprise entre la courbe de 2013 et celle de 2014).

Des sols exceptionnellement humides au printemps

Au printemps, les sols ont par moments présenté une humidité supérieure à la moyenne dans le nord de la Suisse alors que, à la même époque en 2003, ils tendaient selon les simulations effectuées à être plus secs qu'à l'accoutumée (fig. 21). Les simulations en question, qui reposent sur un modèle hydrologique conceptuel[5], fournissent des valeurs journalières d'humidité du sol sur la base de données météorologiques. Ce modèle présente une bonne concordance avec les mesures de l'humidité du sol effectuées à long terme sur le site de recherche de Rietholzbach (Seneviratne et al. 2012).

Débit des cours d'eau des bassins versants englacés

Les impacts de la chaleur et de la sécheresse de l'été 2015 sur les cours d'eau ont été déterminés par le degré d'englacement du bassin versant de ces derniers.

Débits élevés dans des bassins versants fortement englacés

Dans les bassins versants présentant un degré élevé d'englacement, les températures exceptionnellement élevées de l'été 2015 ont entraîné une fonte marquée des glaciers et, par là, des débits supérieurs aux valeurs habituelles pour la saison. L'effet de l'englacement a été particulièrement manifeste en juillet.

La Massa, un torrent de montagne appartenant à un bassin versant fortement englacé, a été marquée par des débits particulièrement élevés ce mois-là (fig. 10a), alors que le débit du Rosegbach, qui se situe dans un bassin versant à moitié moins englacé, n'a guère été supérieur à la moyenne (fig. 10b). La Lütschine, qui relève d'un bassin versant encore à moitié moins englacé, a déjà présenté des valeurs dans la moyenne (fig. 10c). Avec un bassin versant qui n'est que marginalement englacé, le Chamuerabach présentait en juillet et en août un débit inférieur à la moyenne établie depuis le début des mesures. Contrairement aux premiers exemples cités ci-dessus, le recul du débit provoqué par la sécheresse n'a dans ce cas pas été compensé par une augmentation de la fonte des glaciers (fig. 10d).

Débits moyens à partir de la mi-août

Un rafraîchissement marqué et l'arrivée de neige fraîche à haute altitude pendant la seconde quinzaine d'août et en septembre ont mis un terme à la phase de fonte accélérée des glaciers, si bien que les débits sont revenus à la normale dans la plupart des bassins versants englacés.

5 On se fonde sur le *Simple Water Balance Model* (SWBM) pour calculer les données journalières relatives à l'humidité du sol pour l'ensemble de la Suisse et pour différentes régions sur la base des températures, des précipitations et du rayonnement solaire (Orth et Seneviratne 2015).

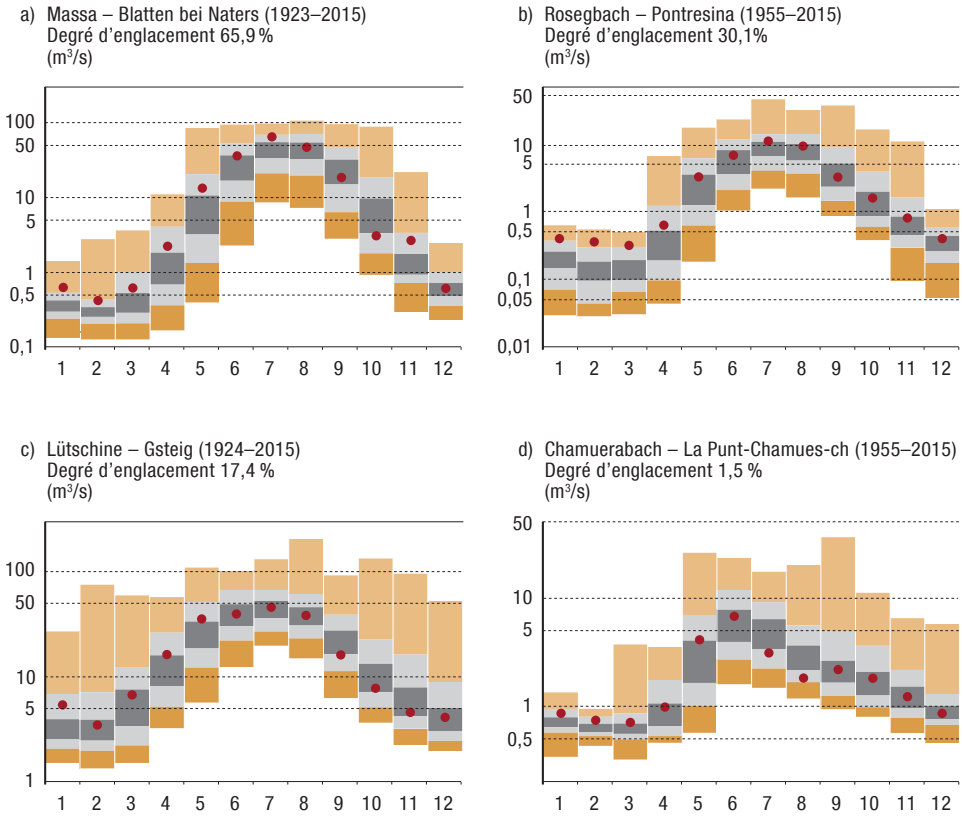
Débit des cours d'eau des bassins versants non englacés

Très faibles débits à partir de juillet en l'absence d'influence glaciaire

La neige ayant fondu tôt en 2015, ce sont les précipitations – ou plutôt leur absence – qui ont exercé une influence prépondérante dans les bassins versants non englacés. L'élévation des températures augmente certes l'évaporation, mais lorsque le taux d'humidité est faible, ce mécanisme ne réduit les débits que de façon minime.

Fig. 10

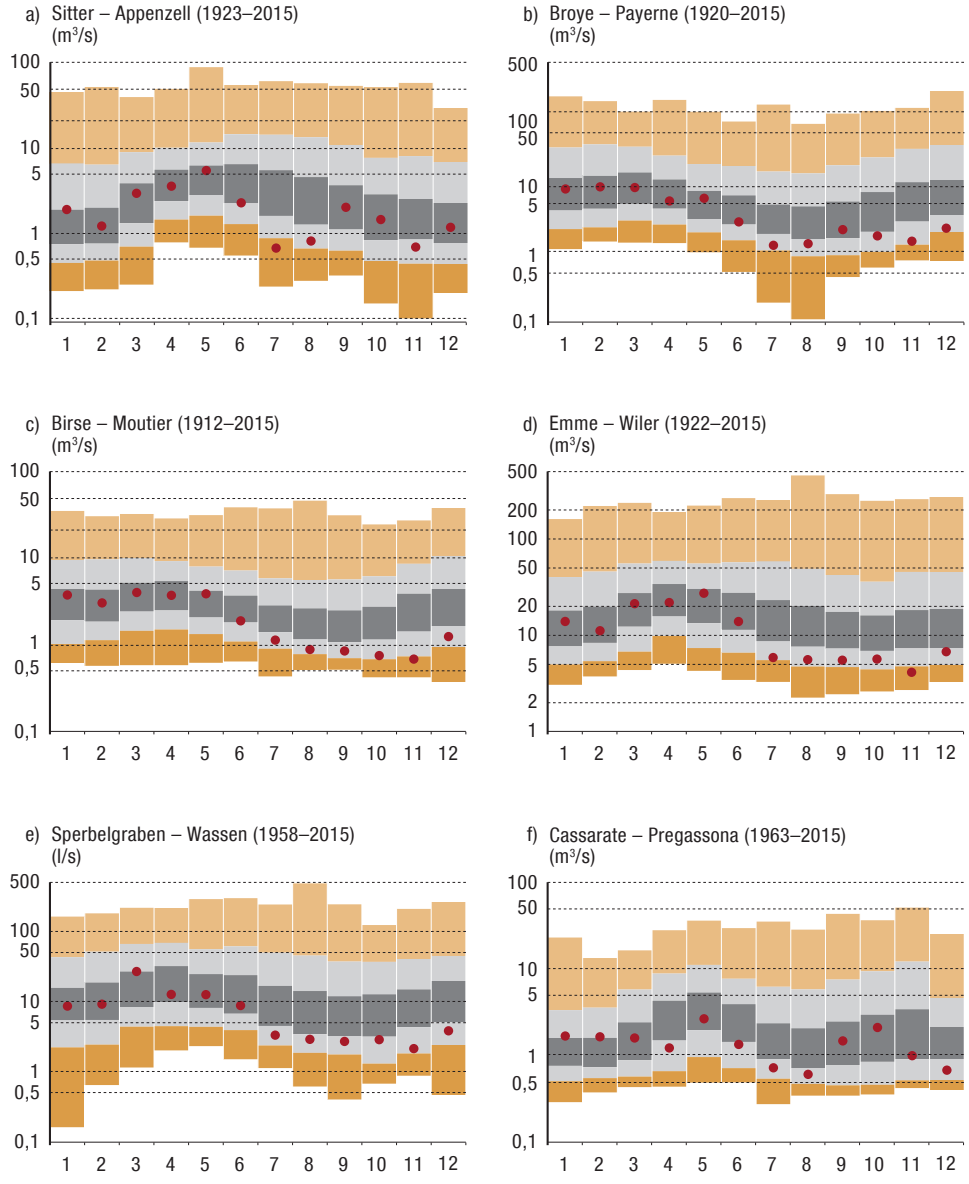
Distribution mensuelle des moyennes journalières des débits de torrents de montagne situés dans des bassins versants présentant différents degrés d'englacement. Point rouge: médiane des moyennes journalières du mois de l'année 2015 considéré. Gris foncé: fourchette correspondant aux 50 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Gris (clair et foncé): fourchette correspondant aux 90 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Orange clair: fourchette correspondant aux 5 % les plus élevés des moyennes journalières; orange: fourchette correspondant aux 5 % des moyennes journalières les plus basses enregistrées depuis le début des mesures. Classement de a) à d) par degré d'englacement décroissant. Débit en mètres cubes par seconde.



Source: OFEV

Fig. 11

Distribution mensuelle des moyennes journalières des débits de cours d'eau situés dans des bassins versants sans englacement. Point rouge: médiane des moyennes journalières du mois de l'année 2015 considéré. Gris foncé: fourchette correspondant aux 50 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Gris (clair et foncé): fourchette correspondant aux 90 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Orange clair: fourchette correspondant aux 5 % les plus élevés des moyennes journalières; orange: fourchette correspondant aux 5 % les plus bas des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Débit en mètres cubes par seconde (sauf Sperbelgraben: litres par seconde).



Source: OFEV

La sécheresse qui débute à la mi-juin 2015 mène dès début juillet à des débits très bas dans les cours d'eau des bassins versants non englacés. Dans la plupart des régions, cette situation d'étiage s'aggrave encore au cours des mois suivants et se poursuit jusqu'en novembre (fig. 11). Les précipitations supérieures à la moyenne de septembre et d'octobre amènent une détente temporaire dans certaines régions. Ainsi, le débit de la Broye revient à la normale en septembre (fig. 11b), et ceux de la Sitter (fig. 11a) et de la Cassarate (fig. 11f) en font autant en septembre et en octobre.

Les plus gros écarts enregistrés en novembre

Sur le versant nord des Alpes, c'est en novembre que les débits descendent le plus en dessous des valeurs mensuelles habituelles. Il faut attendre les précipitations qui débutent le 20 novembre pour qu'un retour à la normale se fasse progressivement. Sur le versant sud des Alpes, la sécheresse règne en novembre et en décembre, provoquant de très faibles débits durant le dernier mois de l'année.

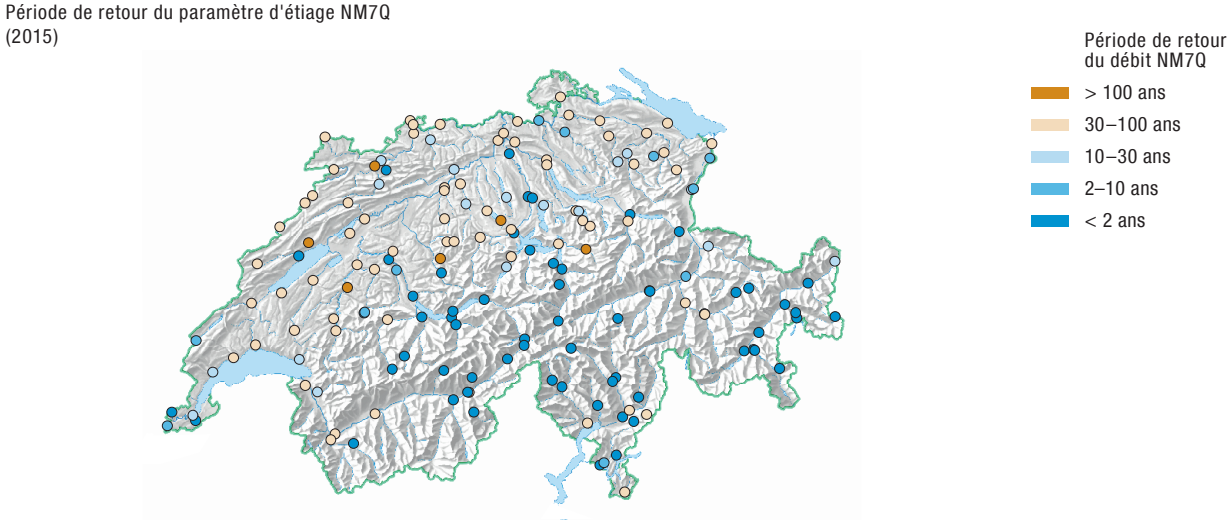
Les débits d'étiage en comparaison régionale et pluriannuelle

Débits d'étiage biennal dans la quasi-totalité du pays

En 2015, on observe dans pratiquement toutes les régions de Suisse des étiages tels qu'il n'en survient que tous les deux ans. Tel est le constat qui ressort d'une analyse de la moyenne sur sept jours des débits les plus bas (valeurs NM7Q[6]) mesurés entre mai et décembre. Seuls les cours d'eau situés dans des bassins versants fortement englacés sont, à quelques exceptions près, épargnés par cette situation. Les débits d'étiage

Fig. 12

Période de retour du paramètre d'étiage NM7Q pendant l'année d'étiage 2015 (seulement jusqu'au 31.12.2015). Si la période de retour calculée pour un épisode d'étiage NM7Q donné est de 10, cela signifie qu'un débit moyen aussi bas sur sept jours consécutifs ne survient statistiquement que tous les dix ans en moyenne.



Source: OFEV

observés dans la région lémanique, le long des Préalpes, dans le centre et l'est du Plateau ainsi que dans le Jura constituent des événements plus rares, tels qu'il en survient tout au plus une fois tous les dix ans (fig. 12). Comme pour l'été 2003, il est cependant difficile de mettre en évidence l'existence d'un schéma spatial clair, car certains bassins versants presque adjacents réagissent de manière très différente. Ces contrastes sont notamment causés par des caractéristiques propres aux régions telles que la géologie et l'exposition, par des épisodes locaux de précipitations tels que les orages et par l'influence de l'homme. Ainsi, les différentes périodes de retour des épisodes d'étiage touchant la Sarine s'expliquent par l'exploitation de centrales électriques.

6 En hydrologie, on utilise toute une série de paramètres pour catégoriser les débits d'étiage. Le paramètre d'étiage NM7Q indique le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs (moyenne arithmétique des débits journaliers de sept jours consécutifs la plus basse) au cours de l'année d'étiage. L'année d'étiage court de début juin d'une année à la fin mai de la suivante pour les stations de mesure des régions à caractère alpin et de début avril à fin mars pour les autres stations de mesure. Étant donné que toutes les données n'étaient pas encore disponibles au moment de la rédaction de la présente étude, tous les NM7Q 2015 sont calculés pour la période allant du début de l'année d'étiage au 31 décembre 2015. Les valeurs 2015 reposent donc sur des données provisoires. La même procédure a été utilisée pour l'analyse de la canicule de l'été 2003.

Tab. 3

Le paramètre d'étiage NM7Q d'une sélection de 16 stations de mesure lors de quatre années exceptionnellement sèches (mètres cubes par seconde) et période de retour des valeurs en question (échelle de couleurs). En gras: valeur la plus basse des quatre années comparées.

Station	NM7Q 2015	NM7Q 2003	NM7Q 1976	NM7Q 1947
Landquart – Felsenbach	**4,39**	6,91	6,59	6,38
Sitter – Appenzell	**0,33**	0,5	0,67	0,38
Thur – Andelfingen	5,22	4,92	5,93	**2,57**
Töss – Neftenbach	1,03	1	1,48	**0,92**
Ergolz – Liestal	0,19	0,18	0,31	**0,1**
Birse – Moutier	0,61	**0,53**	0,76	0,57
Birs – Münchenstein	2,01	1,78	2,16	**1,62**
Lütschine – Gsteig	3,41	3,39	**2,34**	3,91
Gürbe – Belp	0,24	0,54	0,33	**0,15**
Sarine – Broc	4,73	5,84	5,45	**3,72**
Sense – Thörishaus	1,80	1,19	1,36	**0,87**
Broye – Payerne	0,95	**0,41**	0,62	0,69
Emme – Emmenmatt	1,34	1,57	1,47	**0,66**
Aare – Murgenthal	119	126	127	**96,8**
Sihl – Zürich	2,76	2,56	2,7	**1,23**
Doubs – Ocourt	4,49	4,29	4,4	**2,33**

Période de retour
- < 2 ans
- 2–10 ans
- 10–30 ans
- 30–100 ans
- > 100 ans

Source: OFEV

Période d'étiage retardée jusqu'en novembre en dehors des régions alpines

Dans les bassins versants à caractère alpin, les épisodes d'étiage se produisent normalement en hiver ou au printemps, tandis qu'à plus basse altitude ils ont généralement lieu en été ou en automne. En 2015, l'épisode d'étiage le plus prononcé sur sept jours (NM7Q) en région alpine a eu lieu comme on s'y attendait en décembre. En dehors des régions alpines, les étiages les plus prononcés se sont le plus souvent produits en novembre, c'est-à-dire un peu plus tard que prévu. Seules quelques stations de mesure de Suisse romande, voire dans quelques rares cas des Préalpes et de Suisse orientale, ont enregistré les étiages les plus prononcés en juillet, en août ou en septembre.

Moins d'épisodes d'étiage extrême en été 2015 qu'en été 2003

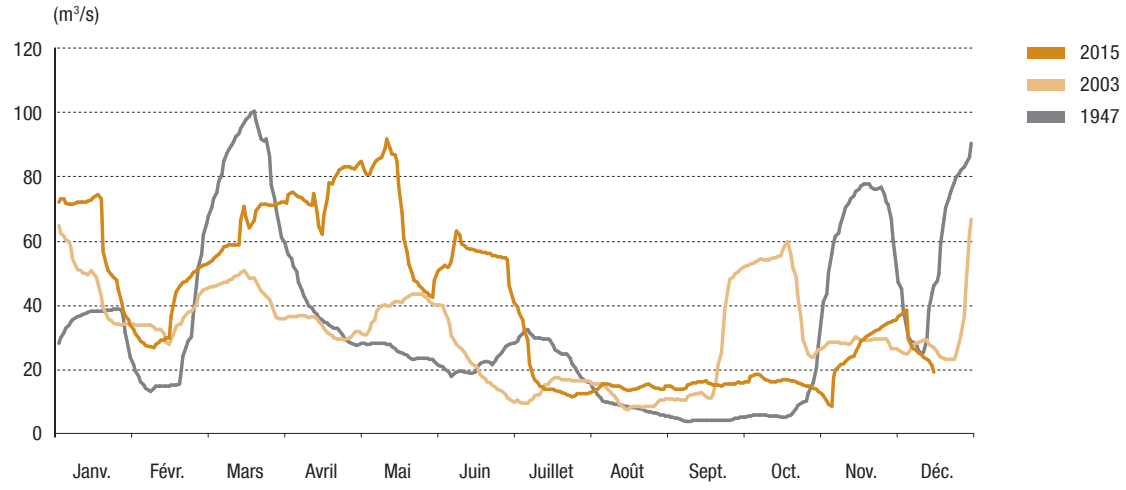
Il ressort d'une comparaison des données obtenues pour les années 1947, 1976, 2003 et 2015 par une sélection de seize stations de mesure que seules deux stations placent l'épisode d'étiage de sept jours le plus marqué (NM7Q) en 2015, les autres le situant en 2003 (deux stations également), en 1976 (une station) ou en 1947 (onze stations). Seules six des seize stations prises en compte ont répertorié un épisode d'étiage plus marqué en 2015 qu'en 2003; les mesures des dix autres stations montrent que les étiages étaient plus extrêmes en 2003 qu'en 2015 (tab. 3).

Étiages d'une durée exceptionnelle en 2003

Une comparaison des hydrogrammes des années 2015, 2003 et 1947 à la station de Thur – Andelfingen montre que les périodes d'étiage de 2015 et de 1947 présentent un déroulement similaire (fig. 13). Si la période d'étiage de 2015 a débuté un peu plus tôt et duré un peu plus longtemps, la moyenne sur 30 jours de 1947 a atteint la valeur assez extrême de seulement 5 mètres cubes par seconde, alors que les débits de 2015 en sont restés à 15 mètres cubes par seconde. Les valeurs de 2015 se situent ainsi dans une fourchette similaire à celles de 2003, mais elles restent nettement plus longtemps à

Fig. 13

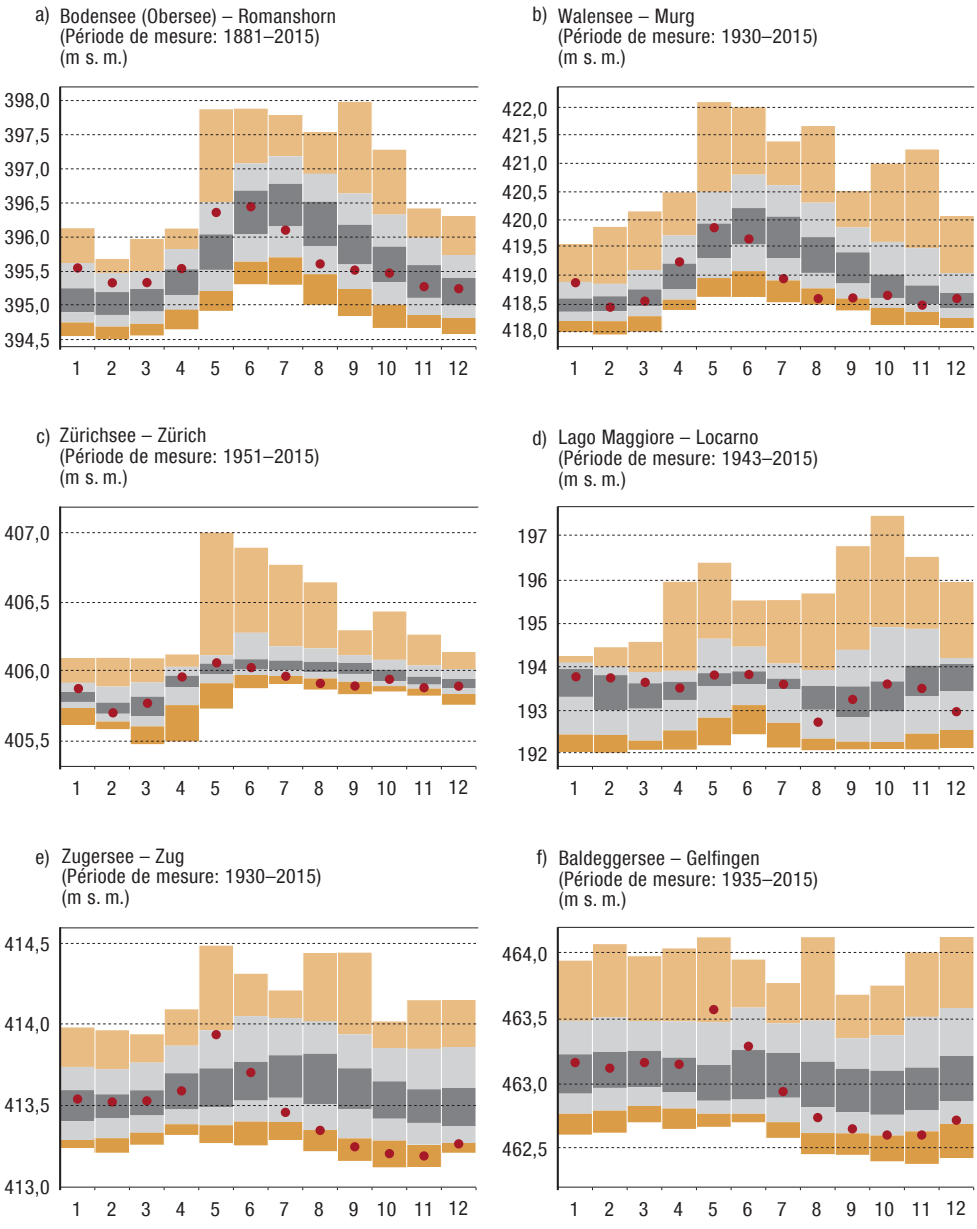
Hydrogramme de la station de Thur – Andelfingen, moyenné sur 30 jours, pour les années 1947, 2003 et 2015. En mètres cubes par seconde.



Source: OFEV

Fig. 14

Distribution mensuelle des niveaux journaliers moyens d'une sélection de lacs. Point rouge: médiane des moyennes journalières du mois de l'année 2015 considéré. Gris foncé: fourchette correspondant aux 50 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Gris (clair et foncé): fourchette correspondant aux 90 % des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Orange clair: fourchette correspondant aux 5 % les plus élevés des moyennes journalières; orange: fourchette correspondant aux 5 % les plus bas des moyennes journalières enregistrées depuis le début des mesures. Indications en mètres au-dessus du niveau de la mer.



Source: OFEV

ce bas niveau. Sur l'ensemble de l'année civile, les débits moyens enregistrés à Thur – Andelfingen sont nettement plus élevés en 2015 (40,6 mètres cubes par seconde) qu'en 2003 (31,4 mètres cubes par seconde) et en 1947 (33,3 mètres cubes par seconde).

Niveau des lacs

La plupart des lacs suisses sont régulés artificiellement, si bien que leur niveau ne suit que dans une mesure limitée l'évolution naturelle des conditions météorologiques. L'été exceptionnellement chaud et sec de 2015 n'a toutefois pas été sans effets sur le niveau des lacs.

Faible niveau des lacs non régulés à partir de juillet

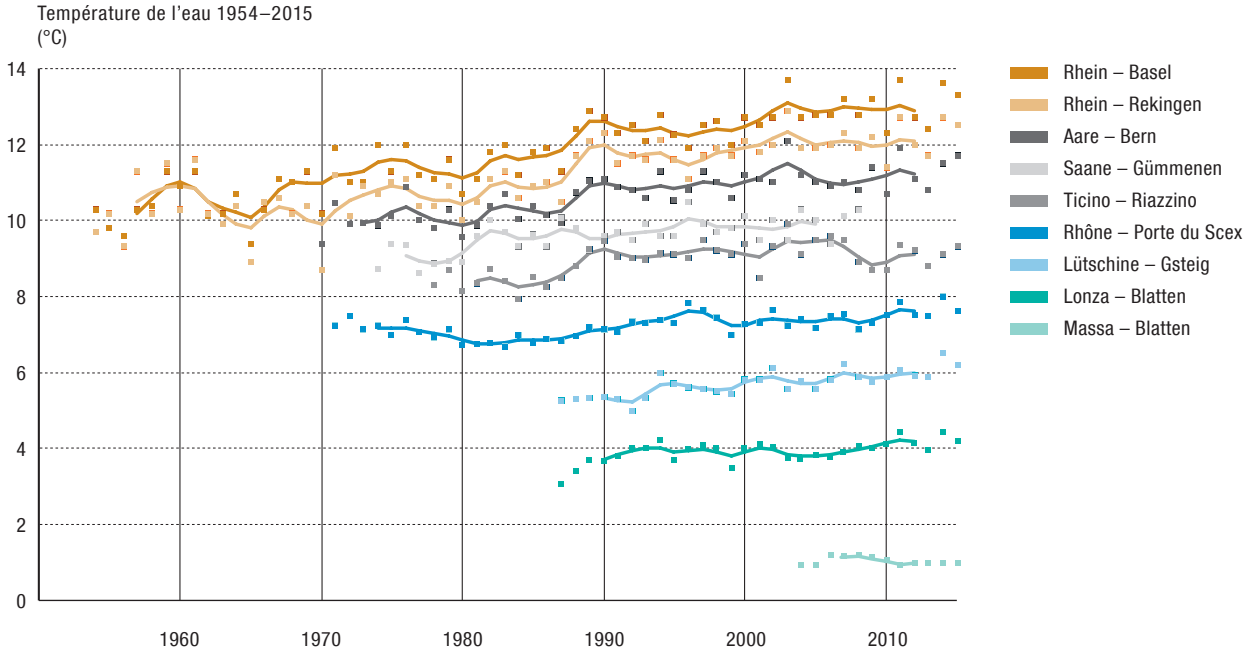
Les lacs de Constance et de Walenstadt sont les deux seuls grands lacs suisses non régulés. Bien que ses affluents aient été plus fortement touchés par la sécheresse que ceux du lac de Walenstadt, le lac de Constance a accusé une baisse de niveau moins rapide (fig. 14a et b), car il présente une surface plus importante par rapport à son bassin versant. En août 2015, le niveau du lac de Walenstadt a d'ailleurs connu la deuxième moyenne mensuelle la plus basse depuis la canicule de l'été 2003.

Les grands lacs régulés le plus souvent dans la moyenne

Le niveau des grands lacs régulés a pu être maintenu dans la fourchette habituelle ou légèrement au-dessous de la moyenne durant le deuxième semestre, même après l'arrivée de la sécheresse. Le lac de Zurich constitue toutefois une exception, puisqu'il a

Fig. 15

Évolution de la température d'une sélection de neuf cours d'eau pendant la période 1954–2015.



Source: OFEV

connu des niveaux exceptionnellement bas de juillet à septembre 2015 (fig. 14c). Au sud des Alpes, les précipitations considérables du mois de septembre ont permis au niveau des lacs (lac Majeur, lac de Lugano) de revenir à la normale, avant de repasser, sous l'effet de la sécheresse persistante, à des valeurs nettement inférieures à la moyenne vers la fin de l'année (fig. 14d).

Fort impact de la sécheresse sur les lacs de bassins versants non englacés

Les lacs non alimentés par un bassin versant englacé ont été fortement touchés par la sécheresse à partir de fin juillet. Le niveau du lac de Zoug est descendu nettement au-dessous des valeurs habituelles à partir du mois d'août, et son niveau moyen sur un mois a atteint un nouveau plancher record en novembre (fig. 14e). Les petits lacs du Plateau ont connu une évolution similaire sur l'année. Ce fut notamment le cas du lac de Baldegg, qui a connu une baisse de niveau particulièrement marquée de mai à octobre (fig. 14f). C'est toutefois en novembre que la plupart des petits lacs ont atteint leur niveau le plus bas.

Température des cours d'eau

La température des cours d'eau varie entre autres en fonction de différentes évolutions à long terme telles que les changements climatiques, le déversement d'eau chaude en provenance d'installations de refroidissement ou de stations d'épuration des eaux usées, ou encore la protection accordée à la végétation ombrageant les cours d'eau. Les facteurs décisifs à court terme sont la température de l'air du moment, le niveau d'eau et la provenance de l'eau. C'est ainsi que l'eau atteint généralement ses températures les plus élevées en cas de canicule, de sécheresse et en l'absence d'eau de fonte.

Élévation de la température des eaux sur le long terme

Au cours des 60 dernières années, la température de la plupart des cours d'eau a été en augmentation constante, pouvant toutefois aussi connaître de brusques hausses allant jusqu'à 1,7 degré, comme ce fut le cas dans les années 1980 (fig. 15). Le Plateau est nettement plus touché par cette évolution que les Alpes et les Préalpes. En plus de cette augmentation générale des températures, on constate que le réchauffement saisonnier commence toujours plus tôt dans l'année. En automne par contre, la baisse saisonnière des températures ne survient qu'à peine plus tard.

Concentration des valeurs élevées sur les mois d'été en 2015

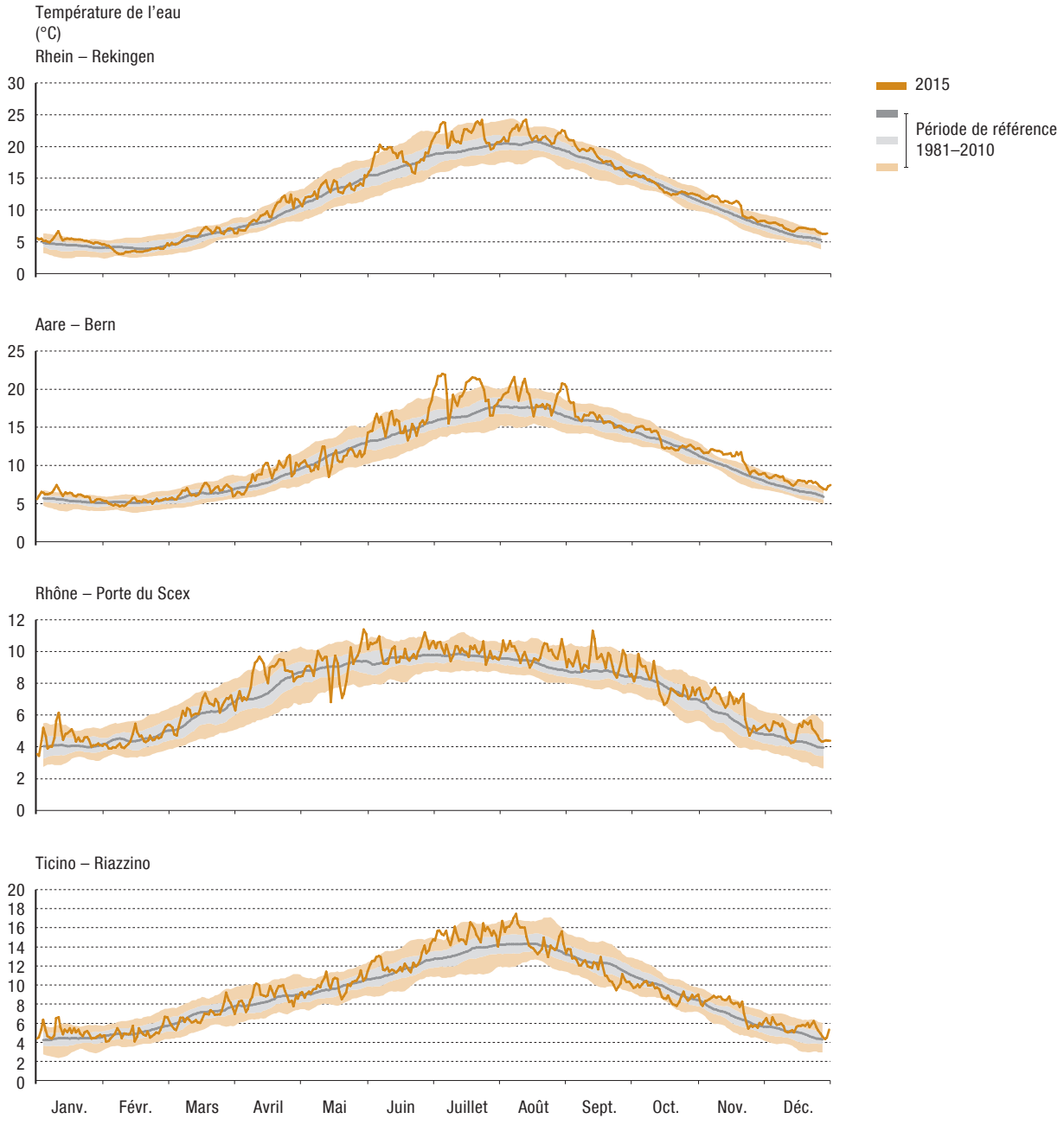
S'agissant de la moyenne des températures annuelles, les records se sont succédés à un rythme rapide pour de nombreux cours d'eau: 2003, 2006, 2011 et 2014. On n'a guère observé de valeurs aussi élevées en 2015. Les eaux n'ont connu de températures élevées que pendant les mois d'été, caniculaires et pauvres en précipitations, et ces températures élevées ont été en grande partie lissées en moyenne annuelle, principalement en raison des précipitations intenses qui ont marqué le printemps.

Valeurs record sur le Plateau en juillet 2015

Les températures des cours d'eau ont connu de fortes fluctuations à partir du début de l'été 2015 (fig. 16). Les températures de l'air record du mois de juillet (cf. 2.1) ont fait grimper la température des cours d'eau jusqu'à des niveaux encore jamais atteints en 30 ou 40 ans de mesures. Ce fut le cas pour l'Aar à Thoune et à Berne, de même que pour la Reuss à Lucerne et à Mellingen. Des records absolus en termes de moyennes mensuelles ont été enregistrés dans la Glatt à Rheinsfelden, dans l'Aar à Hagneck, à Brügg et à Aegerten ainsi que dans l'Aa d'Engelberg à Buochs.

Fig. 16

Moyennes journalières de la température de l'eau en 2015 (ligne orange foncé) comparées aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010 pour une sélection de quatre stations. Gris clair: fourchette correspondant aux 50% des moyennes journalières de la période de référence. Orange clair et gris clair: fourchette correspondant aux 90% des moyennes journalières de la période de référence. Ligne grise: moyenne de la période de référence.



Source: OFEV

Effet rafraîchissant des eaux de fonte

Dans les bassins versants alpins influencés par la fonte des neiges et des glaciers, la température des eaux est restée nettement plus fraîche en raison de l'abondance des eaux de fonte. Ainsi, la température de la Massa, qui fait partie d'un bassin versant fortement englacé, a même baissé à Blatten en avril et en mai 2015 lorsque la fonte des glaciers a débuté, provoquant par la même occasion une hausse de débit.

Pics de température plus rares en 2015 qu'en 2003

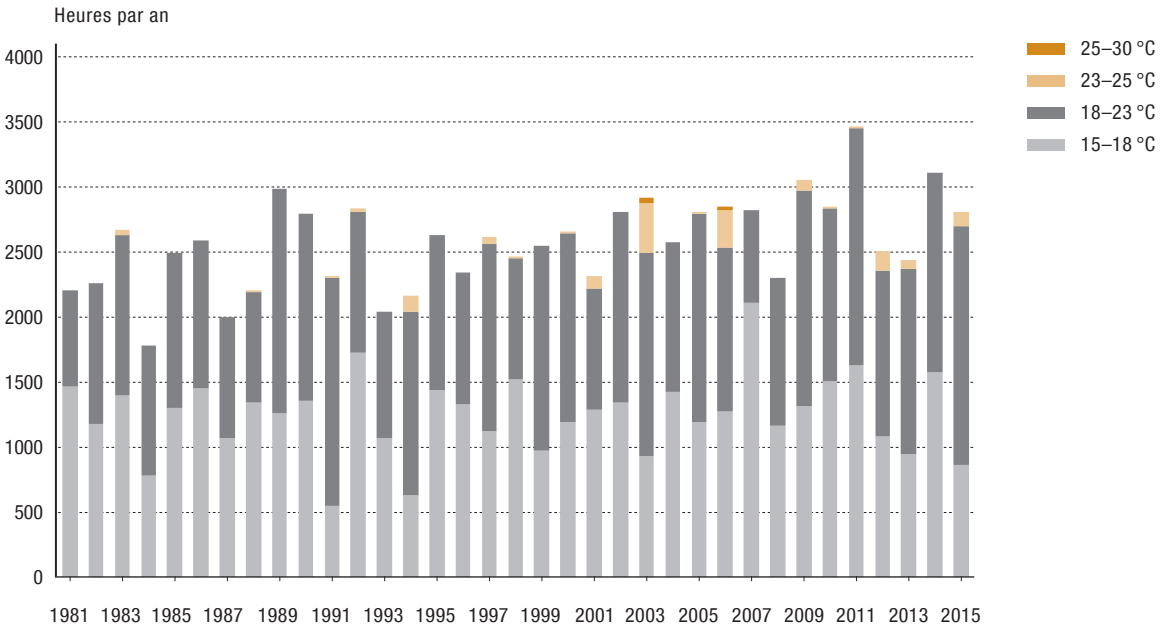
Pour la truite de rivière, l'ombre et d'autres poissons d'eau froide, les pics de température journaliers jouent un rôle plus important que les moyennes mensuelles. Les températures maximales journalières des cours d'eau se sont inscrites par endroits dans une plage de valeurs problématique sans toutefois atteindre les niveaux de 2003, époque où les températures avaient provoqué la mort d'importants effectifs piscicoles dans le Rhin et obligé les centrales nucléaires de Mühleberg et de Beznau à réduire leur production d'électricité pour éviter de réchauffer encore davantage l'Aar. La station de mesure de Chancy (Rhône) a ainsi mesuré nettement moins de dépassements des fourchettes de température allant de 23 à 25 et de 25 à 30 degrés en 2015 qu'en 2003 (fig. 17).

Un automne et un hiver relativement chauds

Caractérisée par un afflux durable d'air chaud, la situation anticyclonique de l'automne a valu à de nombreux cours d'eau des températures en grande partie constantes, ce qui est inhabituel pour la saison. Ce n'est qu'à la fin novembre qu'une perturbation a apporté un rafraîchissement marqué. En décembre, une situation similaire est une

Fig. 17

Nombre d'heures durant lesquelles le Rhône a atteint une température comprise entre 15 et 30 degrés à la hauteur de Chancy.



Source: OFEV

nouvelle fois apparue. Elle s'est prolongée jusqu'à la fin de l'année, se répercutant sur les valeurs enregistrées par plusieurs stations situées le long de l'Aar (Thoune, Berne, Hagneck, Brügg), de la Linth (Weesen), du Rhin (Rheinfelden, Laufenbourg) et parfois même du Rhône ainsi que du Tessin.

Qualité de l'eau des cours d'eau

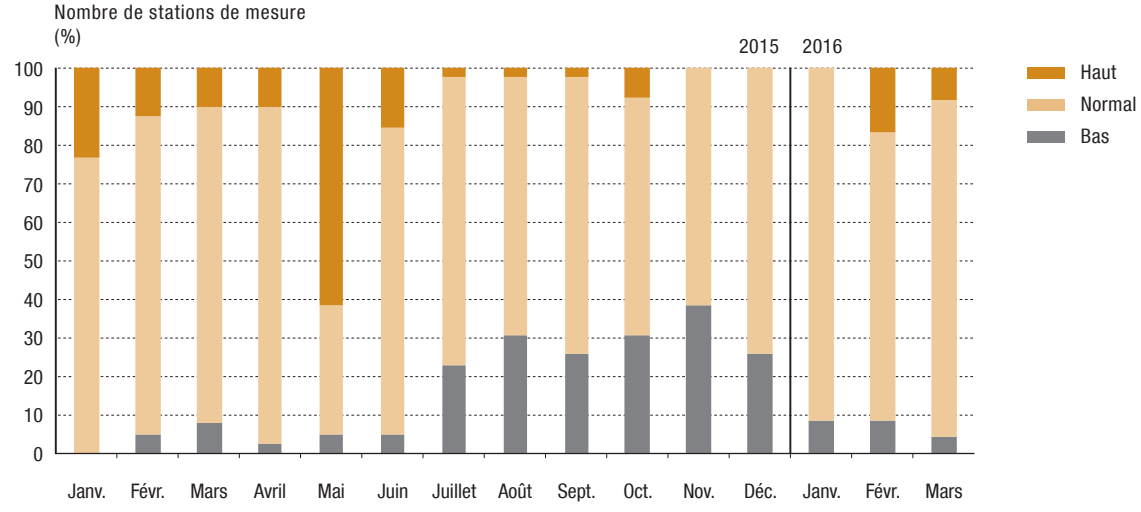
L'élévation de la température des cours d'eau a entraîné des modifications de la qualité de l'eau. Ces dernières ont toutefois été pour la plupart moins importantes qu'en 2003.

Turbidité et fortes fluctuations journalières

La qualité chimique et biologique de l'eau dépend notamment de sa température. L'élévation des températures et un rayonnement solaire intense favorisent l'activité biologique des algues et des plantes aquatiques. Pendant la journée, le renforcement de la photosynthèse réduit la concentration du CO_2 dissous dans l'eau, tandis que la teneur en oxygène de cette dernière augmente. Ce processus s'inverse pendant la nuit. En 2015, la teneur de l'eau en CO_2 et en oxygène a donc connu des fluctuations d'une ampleur exceptionnelle, mais moins grande qu'en 2003. Lorsque la concentration de CO_2 est faible, l'équilibre chimique entre calcaire et gaz carbonique se modifie. Dans les cas extrêmes, des particules de calcaire peuvent se former, rendant l'eau trouble

Fig. 18

Nombre de stations de mesure où des valeurs mensuelles basses, normales ou élevées ont été enregistrées pour le niveau des eaux souterraines ou, selon le cas, le débit des sources pendant la période allant de janvier 2015 à mars 2016. Orange clair: mesures entrant dans la fourchette correspondant aux 80 % des valeurs mesurées pendant la période 1995–2014. Orange foncé: mesures entrant dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus élevés des valeurs mesurées pendant la période 1995–2014. Gris: mesures entrant dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus bas des valeurs mesurées pendant la période 1995–2014.



Source: OFEV

et favorisant la production de mousse. Comme en 2003, plusieurs stations ont mesuré en été 2015 une hausse de la concentration de matières en suspension non provoquée par des crues. Ce fut par exemple le cas à Andelfingen (Thur), Rheinsfelden (Glatt) et Rekingen (Rhin).

Moins de matières minérales dans les bassins versants fortement englacés

Les étiages peuvent provoquer une augmentation de la concentration des substances dissoutes dans l'eau, puisque celles-ci sont moins diluées qu'à l'accoutumée. La concentration de chlorure et de magnésium n'a toutefois pas atteint de niveaux inhabituellement élevés, contrairement à ce qui s'était passé pendant l'été 2003.

Dans les cours d'eau alimentés par une part élevée d'eau de fonte, il faut à l'inverse s'attendre à une baisse de la concentration des substances dissoutes, car l'eau de fonte est pauvre en minéraux. La conductivité de l'eau du Rhône mesurée à la station de la Porte-du-Scex en été 2015 a effectivement été inférieure à la normale, ce qui laisse supposer que son taux de minéraux était bas. Là aussi, l'écart est toutefois plus faible qu'en 2003. En 2015, on a également mesuré à la même station des teneurs réduites en azote et en nitrate, ce qui peut s'expliquer non seulement par un phénomène de dilution, mais aussi par le fait que l'intensification de la croissance des algues et des plantes a favorisé l'absorption des matières minérales.

Pas de problèmes pour la qualité des eaux de baignade

En période de sécheresse et de canicule, les effluents des stations d'épuration des eaux usées peuvent être problématiques s'ils ne sont pas suffisamment dilués. Inversement, lorsque les températures sont élevées, la croissance accélérée des algues peut entraîner l'absorption rapide de fortes concentrations de substances nutritives. À Andelfingen, où les eaux usées peuvent représenter jusqu'à la moitié du débit de la Thur en période d'étiage, il n'a pas été mesuré en 2015 de concentrations excessives d'azote ou de nitrates, alors même que les valeurs avaient bel et bien augmenté pour d'autres minéraux.

En période de canicule, il faut en principe s'attendre à ce que les eaux soient plus chargées en bactéries, avec d'éventuels problèmes d'hygiène à la clé. De manière générale, la qualité des eaux de baignade n'a toutefois pas posé problème durant l'été 2015.

Niveaux des eaux souterraines

Le volume des eaux souterraines est dans la plupart des cas en relation étroite avec la quantité de précipitations tombées dans la région considérée au cours des mois précédents. Le plus souvent, l'évolution des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources présentent un certain décalage temporel tout en variant d'une région à l'autre.

Niveaux élevés en début d'été

Du fait des précipitations intenses qui se sont abattues en mai au nord des Alpes, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient normaux à élevés avant le début de la sécheresse. En conséquence, seules cinq stations de mesure[7] sur 100 ont fait état d'un bas niveau des eaux souterraines à la fin juin (fig. 18).

7 Stations de mesure quantitative de l'Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA, module QUANT).

Les petites vallées fluviales touchées les premières par la baisse des niveaux des eaux souterraines

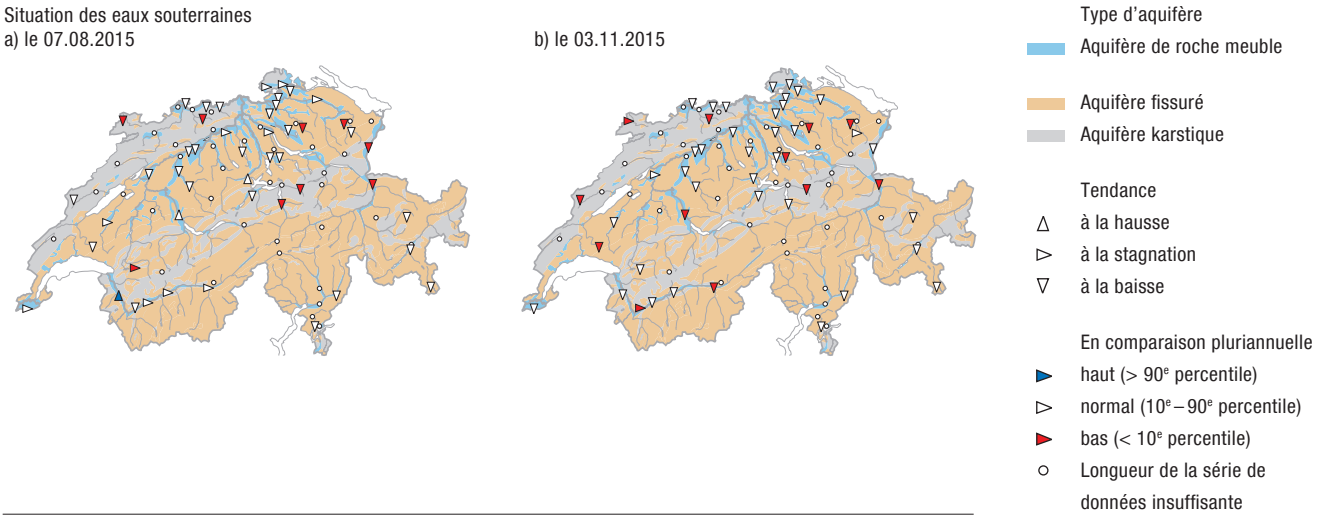
À partir de la mi-juillet, on assiste à une augmentation du nombre de stations de mesure faisant état d'un bas niveau des eaux souterraines. Cette baisse de niveau se limite dans un premier temps aux petites vallées fluviales du Jura et du Plateau caractérisées par un régime des eaux souterraines pluvial, c'est-à-dire dépendant des pluies, et aux vallées des Préalpes dotées d'un régime des eaux souterraines pluvio-nival, c'est-à-dire dépendant de la pluie et de la neige. Les cours d'eau alimentés par la fonte des neiges et des glaces assurent même pendant l'été une infiltration supérieure à la moyenne d'eau de rivière dans les eaux souterraines avoisinantes (régime des eaux souterraines de type nivo-glaciaire), si bien que les niveaux en question restent dans des plages de valeurs normales. La persistance de la sécheresse entraîne toutefois une diminution des débits des sources situées dans le karst jurassien ou la roche meuble du Plateau et alimentées par une nappe souterraine à faible profondeur. C'est ainsi que, à la fin juillet, un quart des stations de mesure faisait état d'un bas niveau soit des eaux souterraines, soit du débit des sources.

Faibles niveaux mesurés par un tiers des stations à la fin de l'été

Grâce à des précipitations locales – survenues dans certains cas lors de violents orages –, les niveaux des eaux souterraines se sont rétablis temporairement début août à certaines stations de mesure (fig. 19a), surtout lorsqu'il s'agissait de nappes situées à faible profondeur dans de la roche meuble et peméable. La part des stations de mesure

Fig. 19

Niveau des eaux souterraines ou débit de la source à deux dates de référence, l'une en fin d'été et l'autre en fin d'automne 2015. Tendance (à la hausse, à la stagnation, à la baisse). En blanc: la valeur à la date de référence s'inscrit dans la fourchette correspondant aux 80% des valeurs mesurées entre 1995 et 2014. En bleu: la valeur à la date de référence s'inscrit dans la fourchette correspondant aux 10% les plus élevés des valeurs mesurées entre 1995 et 2014. En rouge: la valeur s'inscrit dans la fourchette correspondant aux 10% les plus bas des valeurs mesurées entre 1995 et 2014.



Source: OFEV

faisant état d'un bas niveau des eaux souterraines est toutefois passée à un tiers à la fin août en raison du faible taux de régénération de ces dernières (fig. 19b). Les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources sont néanmoins restés plus élevés qu'en été 2003.

Le niveau le plus bas atteint en fin d'année

Le recul des températures en automne a mis un terme à la fonte des glaciers alpins, réduisant ainsi l'alimentation des eaux souterraines par infiltration d'eau de rivière le long des grands cours d'eau alpins. En novembre, la part des stations de mesure faisant état d'un faible niveau des eaux souterraines ou d'un faible débit des sources est passée à 40 %, ce qui constitue la valeur la plus élevée de l'année (fig. 19b) et dépasse même les chiffres de novembre 2003. Dans le Jura, les précipitations parfois abondantes de la seconde quinzaine de novembre ont permis une régénération notable des eaux souterraines, tandis que leurs niveaux, de même que les débits des sources, continuaient de baisser dans d'autres régions, n'atteignant les niveaux les plus bas de l'année qu'à la fin décembre (fig. 20a). Certaines stations ont même enregistré de nouveaux minima absolus pour les mois de novembre et de décembre. Les valeurs sont revenues à la normale au début de 2016 dans la plupart des stations de mesure (fig. 18).

Qualité et température des eaux souterraines

Du fait de la longue durée de séjour moyenne des eaux souterraines dans le sous-sol, il faut des mois voire des années pour que l'impact d'un événement comme la canicule de l'été 2015 sur la qualité et la température des eaux souterraines devienne apparent. Il n'est donc pas possible d'évaluer de manière définitive les conséquences de la sécheresse et de la canicule en se fondant sur les données de 50 stations de mesure[8]. Néanmoins, on peut détecter des réactions à court terme notamment dans les aquifères situés dans des roches meubles à faible profondeur, en cas d'infiltration de quantités considérables d'eau de rivière et dans les aquifères karstiques.

L'élévation de la part des eaux de fonte réduit la teneur en minéraux

Aux stations de mesure situées dans la zone d'influence de cours d'eau appartenant à des bassins versants englacés, l'augmentation de la part des eaux de fonte dans les eaux souterraines peut entraîner une dilution et par là un recul de la concentration d'importants éléments entrant dans la composition de l'eau comme le calcium, le magnésium, les sulfates ou les chlorures, ce qui provoque une baisse de la conductivité électrique de l'eau. Une telle baisse a notamment pu être observée à une station de mesure le long du Rhône. Cet effet est survenu à une période où l'on a pompé davantage d'eau souterraine pour répondre à une augmentation des besoins, ce qui a pu accroître encore la dilution.

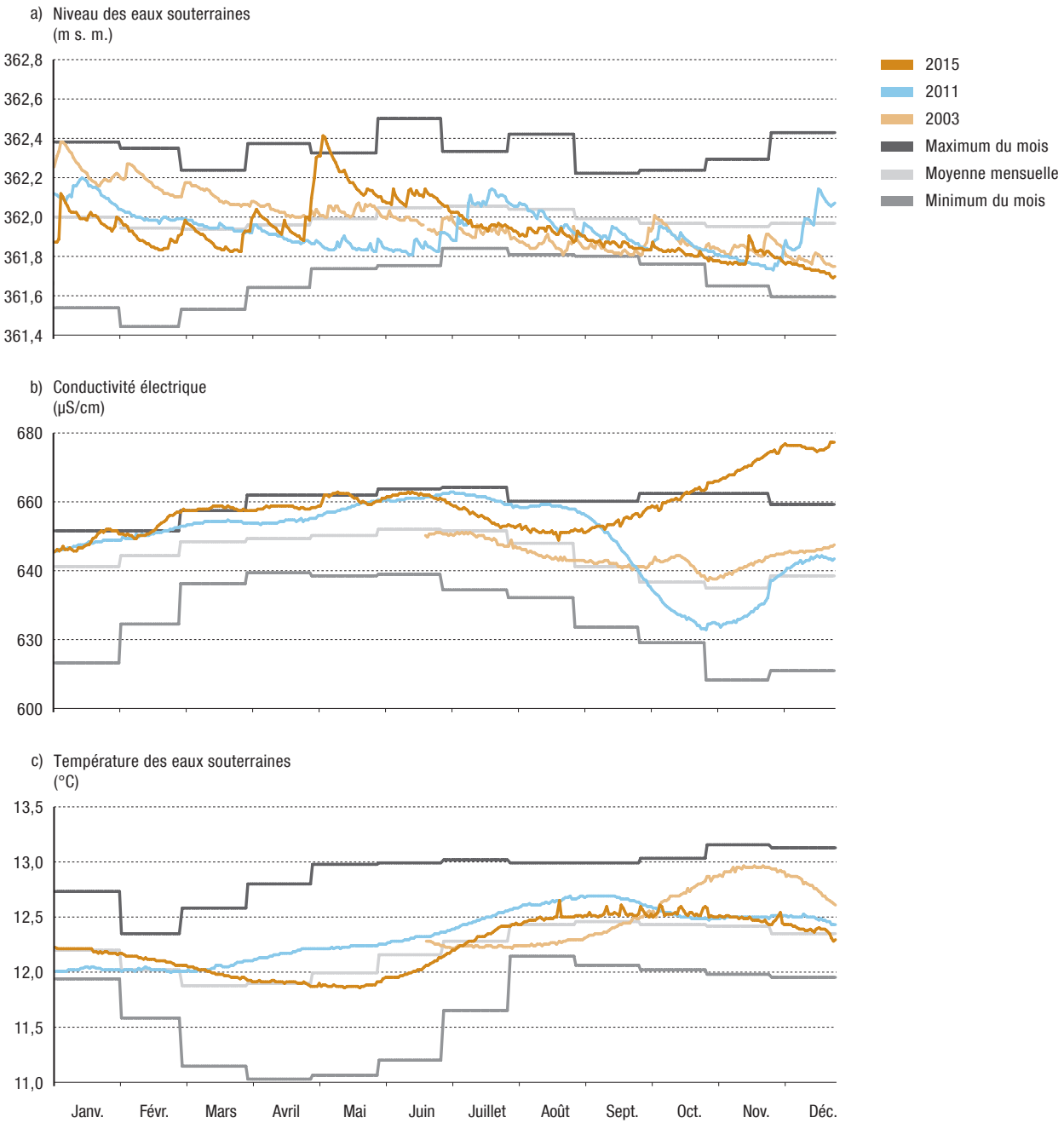
Augmentation de la teneur en minéraux lorsque les niveaux des eaux souterraines sont faibles

Pendant l'été, alors que les niveaux des eaux souterraines étaient bas, la part des eaux souterraines relativement anciennes et assez fortement minéralisées a néanmoins augmenté à certaines stations de mesure du Plateau en raison de la diminution de l'infiltration issue tant des précipitations que des cours d'eau. La conductivité électrique de l'eau s'est accrue par la suite, surtout à partir de l'automne 2015 (fig. 20b).

8 Stations de mesure qualitative de l'Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA).

Fig. 20

Niveau des eaux souterraines, conductivité électrique et température des eaux souterraines à la station de mesure de Glattfelden, où la régénération des eaux souterraines se fait par infiltration rapide des précipitations locales et par infiltration des eaux de la Glatt (régime pluvial). Comparaison des valeurs mesurées en 2015, en 2011 et en 2003 avec les moyennes mensuelles de la période 2003–2014.



Source: OFEV

Augmentation possible de la concentration de nitrates

L'avenir dira si la canicule de l'été 2015 a provoqué une hausse significative de la concentration des nitrates dans les eaux souterraines, comme cela avait été le cas lors des sécheresses de 2003 et de 2005. En 2003, les concentrations de nitrates dans les eaux souterraines avaient tout d'abord reculé en raison de la diminution du lessivage des sols. Elles ont toutefois à nouveau augmenté sensiblement à de nombreux points de mesure, surtout en 2004 et en 2006, lorsque l'azote accumulé dans le sol a passé dans les eaux souterraines (OFEV 2009).

Aucune influence visible sur les substances traces organiques et les températures

Les données disponibles sur les eaux souterraines ne font pas apparaître d'effet général de la sécheresse de 2015 sur les concentrations, dans les eaux souterraines, de substances traces organiques telles que pesticides ou hydrocarbures halogénés. Les températures des eaux souterraines s'inscrivent également dans la norme et ne présentent pas de particularités par rapport aux périodes de canicule précédentes (fig. 20c).

Humidité du sol

Sécheresse marquée à partir de juillet

Après un mois de mai arrosé, l'humidité du sol diminue sensiblement en juin et en juillet. Comme le montrent les simulations effectuées, cela vaut pour la Suisse dans son ensemble, mais aussi pour les trois grandes régions que sont le nord-est, l'ouest et le sud de la Suisse. Cette baisse de l'humidité suit la même évolution qu'en 2003. Tant en été 2015 qu'en été 2003, l'humidité se situe à la limite inférieure, voire dans certains cas nettement au-dessous, de la fourchette correspondant aux 90 % des valeurs attendues pour la période 1994–2015 (fig. 21).

Nord de la Suisse: la sécheresse dure plus longtemps qu'en 2003

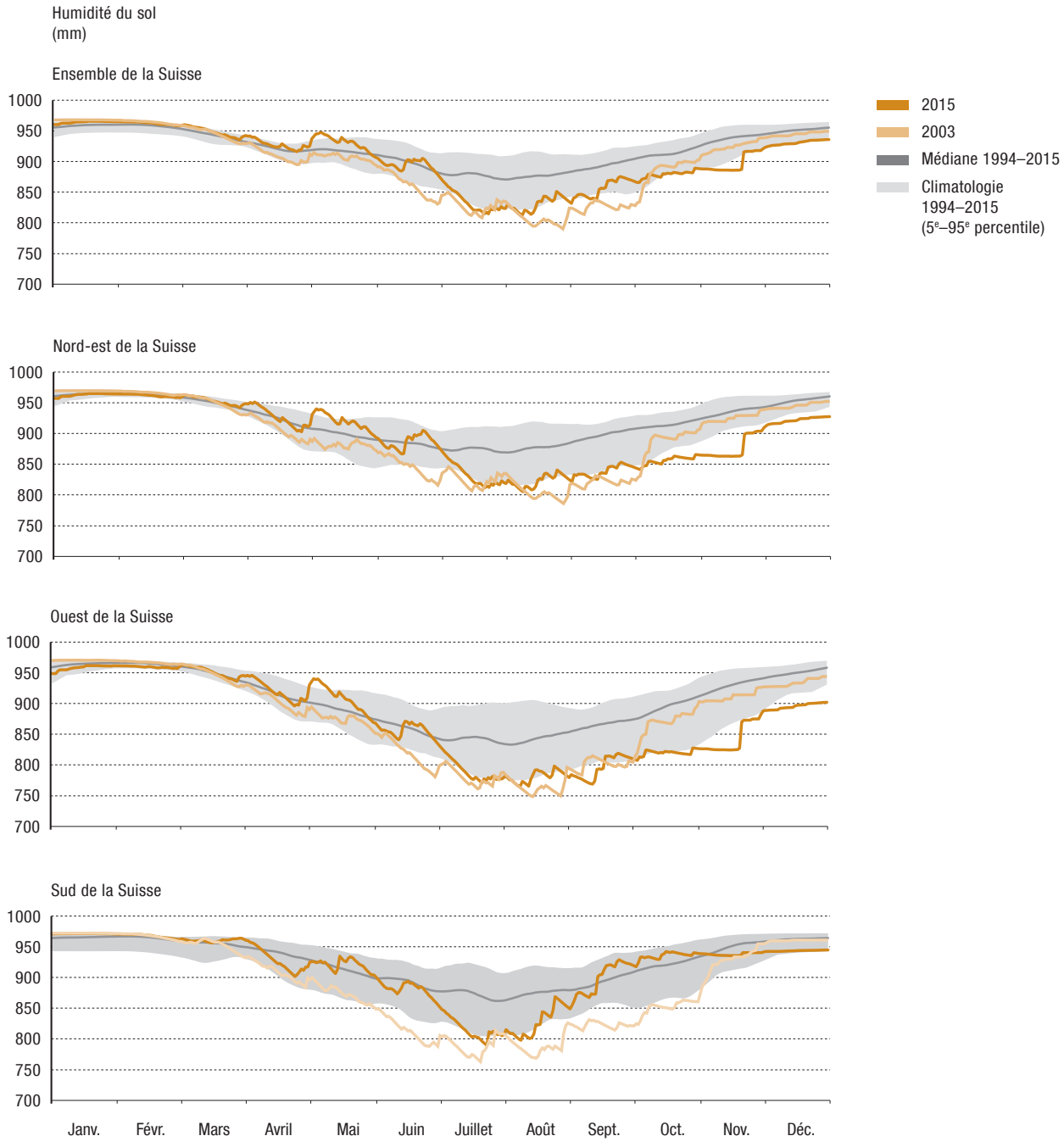
Dans le nord de la Suisse (nord-est et ouest de la Suisse), les valeurs restent plus longtemps dans les extrêmes en 2015 qu'en 2003. Cette tendance aux extrêmes se poursuit jusqu'en automne et en hiver. La sécheresse de 2003 commence plus tôt dans l'année et se termine plus rapidement (octobre). Néanmoins, l'évolution de l'humidité du sol s'écarte plus de la norme en 2003 qu'en 2015.

Sud de la Suisse: la sécheresse n'est pas aussi prononcée qu'en 2003

Dans le sud de la Suisse, la sécheresse de 2015 est nettement moins prononcée que celle de 2003.

Fig. 21

Évolution journalière de l'humidité du sol dans le centre de la Suisse et dans trois régions selon une modélisation effectuée pour 2015 et 2003 par rapport à la moyenne des années 1994–2015 (médiane) et à la fourchette regroupant les 90 % des valeurs journalières de cette période.



Source: Institut pour l'atmosphère et le climat de l'EPF Zurich

2.3 Glaciers et pergélisol

Pour les glaciers des Alpes suisses, la canicule de l'été 2015 s'est traduite par une perte de glace supérieure à la moyenne. Les fortes chaleurs du mois de juillet ont entraîné une fonte des glaciers d'une ampleur exceptionnelle. Les terrains à pergélisol n'ont jamais été aussi chauds depuis le début des mesures. Les glaciers rocheux se sont déplacés plus rapidement qu'à l'été 2003. En région alpine, on a observé de nombreux éboulements à haute altitude.

Historique

Fonte des glaciers minime avant le début de la période de canicule

En Suisse, on détermine chaque année, pour dix à vingt glaciers, la quantité de neige qui s'accumule pendant l'hiver et la quantité de glace qui fond pendant la saison chaude (jusqu'à l'automne).[9] Les résultats des mesures effectuées en 2015 montrent que l'épaisseur du manteau neigeux des glaciers était dans la moyenne à la mi-avril. En mai et en juin, il a fondu relativement lentement en haute montagne en raison de la fraîcheur de ces mois-là.

Les terrains à pergélisol sont restés chauds malgré l'arrivée tardive de la neige

On entend par pergélisol le sous-sol qui présente des températures inférieures à 0 degré durant toute l'année. Les conditions de température qui règnent dans le sous-sol sont avant tout déterminées par la température (souterraine) à proximité de la surface du sol, laquelle dépend des conditions météorologiques et de la couverture neigeuse saisonnière. Les modifications à long terme de la température à la surface du sol (qu'il est typique d'exprimer sous forme de moyennes annuelles mobiles) renseignent sur l'évolution de la température du sous-sol, évolution qui se fait de façon de plus en plus atténuée et avec un décalage temporel de plus en plus important au fur et à mesure que la profondeur augmente. Comme c'était déjà le cas les années précédentes, les températures à la surface du sol sont restées à un niveau élevé durant l'hiver 2014/15, niveau toutefois plus bas que durant la même période en 2002/03. Cette fraîcheur relative s'explique en partie par l'arrivée tardive de la neige: en début d'hiver, s'il n'y a pas de couche de neige isolante, le sous-sol est susceptible de se refroidir davantage qu'en cas de chutes de neige précoces. La température du pergélisol, qui est mesurée à l'intérieur de forages en profondeur, n'a néanmoins jamais été aussi élevée qu'à l'hiver 2014/15.[10]

Fonte des glaciers

Forte perte de glace de juillet jusqu'à la mi-août

Au printemps 2015, la fonte des neiges n'a été que timide sur les glaciers de haute montagne (cf. historique). La neige sur les langues glaciaires n'a commencé à disparaître qu'avec l'arrivée de la canicule en juillet. Les fortes chaleurs estivales ont

9 Réseau suisse des observations glaciaires (GLAcier MOnitoring Switzerland, GLAMOS)

10 Le réseau suisse d'observation du pergélisol PERMOS (PERmafrost MOnitoring Switzerland, www.permos.ch) mesure l'état et l'évolution du pergélisol en plusieurs points des Alpes suisses. Les températures sont mesurées à 10 m de profondeur ou plus à l'intérieur d'une trentaine de forages.

persisté jusqu'à la mi-août, entraînant une fonte exceptionnellement intense. À la mi-août, un rafraîchissement marqué et l'arrivée de neige fraîche ont mis un terme à cette phase de perte sévère de glace.

Différences inhabituellement importantes d'une région à l'autre

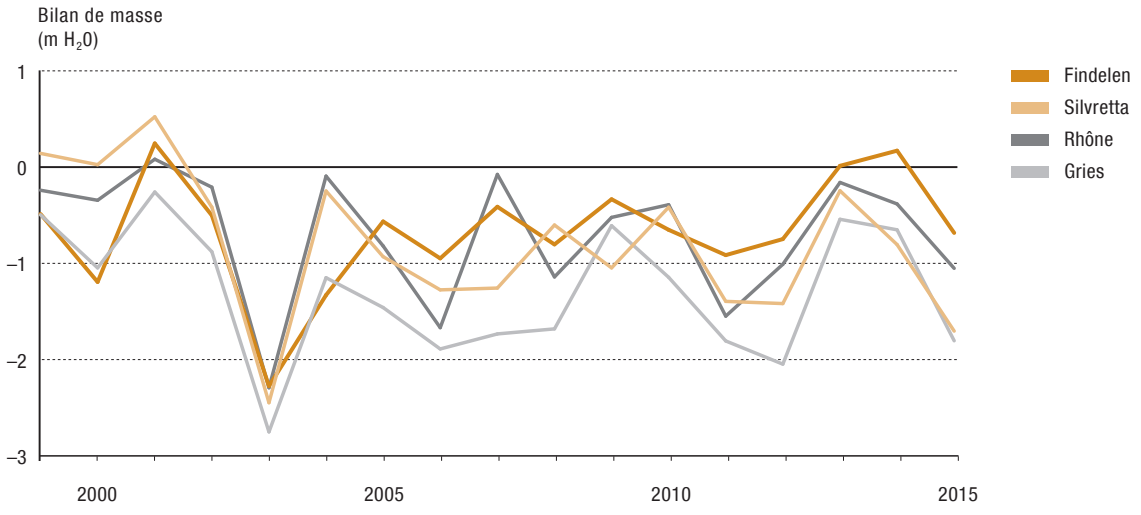
Durant l'été 2015, les pertes de glace ont varié d'un glacier à l'autre dans une mesure inhabituelle. Ainsi, les glaciers de la partie sud du Valais n'ont perdu que quelque 70 cm d'épaisseur de glace, tandis les pertes ont atteint voire dépassé les 250 cm dans le nord du Valais et l'Oberland bernois. Sur les deux versants des Alpes, la plupart des glaciers ont perdu entre 100 et 200 cm d'épaisseur de glace. Ce sont les petits glaciers de basse altitude – dont le manteau neigeux a disparu dès le mois de juillet – qui ont le plus souffert de la canicule.

Fonte des glaces importante, mais non record

Les glaciers suisses auront perdu en tout 2,5 % de leur glace en 2015. En la matière, l'été 2015 se classe donc parmi les plus dévastateurs de ces quinze dernières années, à égalité avec les étés 2006, 2011 et 2012 (fig. 22), mais derrière l'été 2003, qui avait été marqué par des pertes de glace encore plus importantes. Si les canicules des étés 2003 et 2015 présentent des températures comparables, elles diffèrent à la fois par les événements qui les ont précédées et par leur durée: en 2015, les glaciers étaient encore protégés par un manteau neigeux relativement épais lorsque les températures ont commencé à grimper, et la neige fraîche de la mi-août et de septembre n'a pas tardé à freiner la fonte.

Fig. 22

Bilan de masse annuel (formation de glace moins fonte de glace) de 1999 à 2015 pour une sélection de quatre glaciers, en mètres d'équivalent en eau.



Source: GLAMOS

Le recul des glaciers est source de dangers pour les agglomérations et les voies de communication. Ainsi, des langues glaciaires instables peuvent provoquer des avalanches de glace. Le 11 septembre 2015, une rupture de glace spectaculaire s'est d'ailleurs produite au glacier de Gutz près de Grindelwald. Par ailleurs, des crues soudaines peuvent survenir en cas de rupture de la digue d'un lac glaciaire ou lorsque l'eau issue d'une vidange subglaciaire cherche soudain son chemin le long du lit d'un glacier. À la fin juillet 2015, le lac des Faverges (deux millions de mètres cubes d'eau), qui se trouve sur le glacier de la Plaine Morte, s'est vidé en quelques jours (fig. 23). Aucun de ces deux événements n'a toutefois provoqué de dommages.

Les risques d'inondation et de rupture de glace surmontés sans dommage

Pergélisol

Dans les zones de mesure du pergélisol, la température (souterraine) à proximité de la surface du sol a nettement augmenté entre mai et septembre 2015. En juillet, elle a même dépassé par moments les valeurs record de l'été 2003. La moyenne des températures de l'année 2014/15 est toutefois restée inférieure à celle de 2002/03 en raison de la fraîcheur de l'hiver. On suppose toutefois que la température des parois rocheuses abruptes en grande partie dépourvues de neige a été plus élevée en 2014/15 qu'en 2002/03, même si ce paramètre n'était pas encore relevé systématiquement à l'époque.

La température à proximité de la surface du sol légèrement plus basse en 2014/15 qu'en 2002/03

Fig. 23

À la fin juillet 2015, un important flux d'eau s'est écoulé sur le glacier de la Plaine Morte. Les deux millions de mètres cubes du lac des Faverges se sont vidés en quelques jours.

Photo: Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW) de l'EPF de Zurich

Des températures record en profondeur

À de nombreux endroits, la température en profondeur (10 m ou plus) du pergélisol a atteint de nouveaux maxima par rapport aux séries de mesure de 10 à 25 ans: la tendance au réchauffement de ces sept dernières années s'est donc poursuivie (fig. 24). Au forage de Corvatsch-Murtèl, la température à 20 m de profondeur a par exemple augmenté d'un demi-degré environ depuis 2009. Dans le forage de la paroi nord du Schilthorn (100 m de profondeur), la couche de dégel a atteint une épaisseur de plus de 9 m en été 2015, ce qui constitue un nouveau record. Des mesures géophysiques effectuées au même endroit donnent à penser que la part d'eau non gelée, c'est-à-dire de glace fondue, est en augmentation; le record établi en 2003 a déjà été battu plusieurs fois ces dernières années.

Vitesse de fluage record des glaciers rocheux

L'élévation, constante depuis 2009, de la température du pergélisol accélère également le glissement vers l'aval des glaciers rocheux, qui se composent d'un mélange de débris rocheux et de glace. Sur la moyenne des stations évaluées, la vitesse de fluage enregistrée en 2015 est 20 % supérieure à celle de l'année précédente. La majorité des glaciers rocheux ne s'est jamais déplacée aussi vite depuis le début des mesures. Leur vitesse s'élève souvent à plusieurs mètres par an. Elle dépasse donc nettement les maxima des années 2003 et 2004, et elle est même quatre à cinq fois plus élevée que ceux de la période, plus froide, qui va de 2005 à 2007. Ces observations s'expliquent par l'augmentation de la plasticité de la glace en cas d'élévation de la température.

Les impacts de la canicule de l'été 2015 encore impossibles à déterminer précisément

Les valeurs record mesurées ne s'expliquent pas uniquement par la canicule de l'été 2015, mais sont plutôt le résultat des températures constamment élevées de ces dernières années. Il faut environ six mois pour que la chaleur de l'été atteigne une profondeur de dix mètres. Ce n'est donc qu'en 2016 que l'on pourra estimer l'effet total de l'été 2015 sur le pergélisol. L'arrivée tardive de la neige lors de l'hiver 2015/16 a permis un meilleur refroidissement du sous-sol, ce qui devrait atténuer un peu l'effet de la canicule sur le pergélisol. La persistance de températures élevées en automne devrait par contre contribuer à réchauffer encore davantage les parois rocheuses abruptes.

Éboulements

Un nombre d'éboulements supérieur à la moyenne

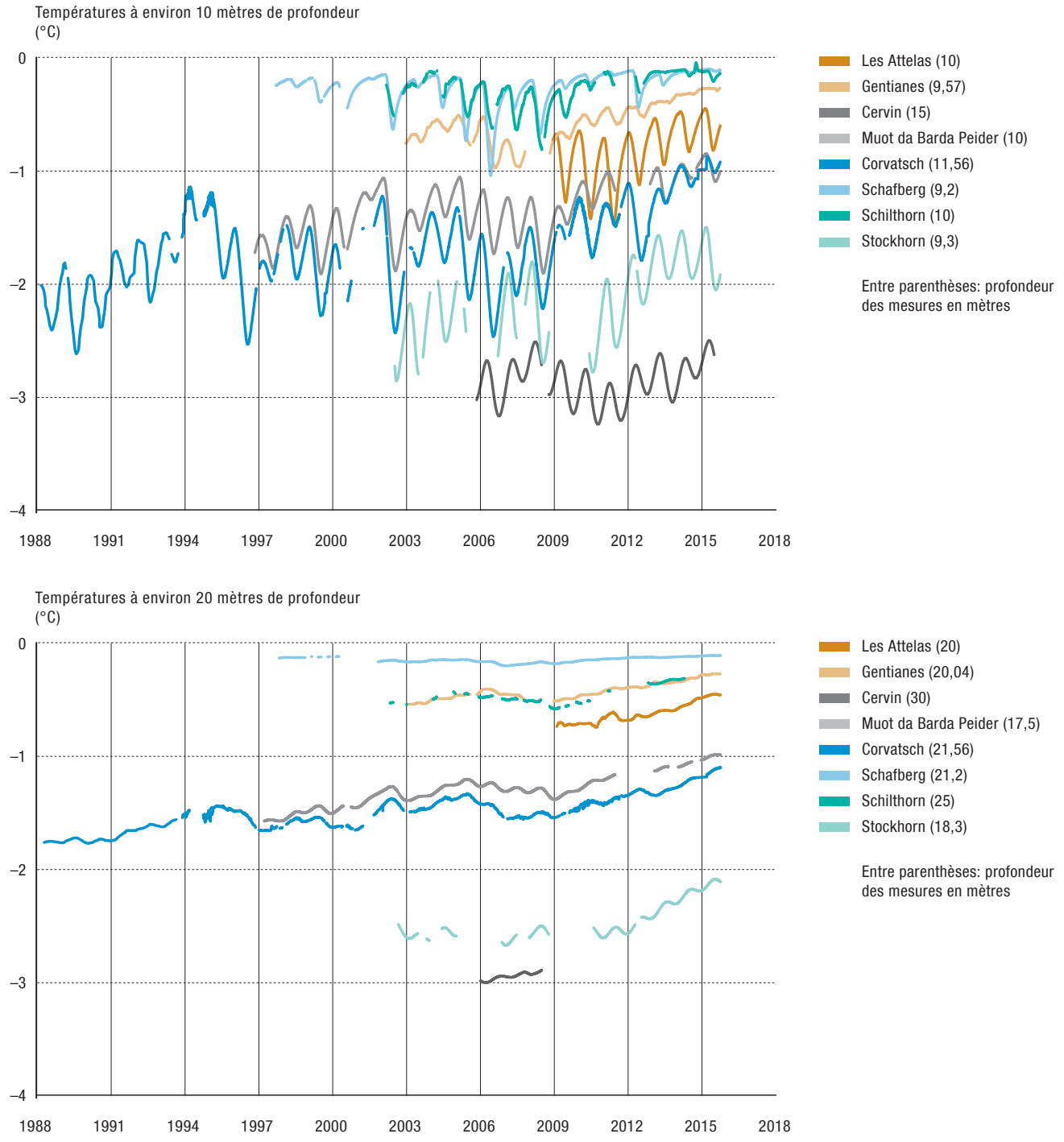
L'été 2015 aura été synonyme non seulement de températures exceptionnellement élevées (cf. 2.1), mais aussi de nombreux orages et d'averses de pluie répétées. Cette combinaison a déclenché un nombre inhabituel d'éboulements dans les régions à pergélisol situées à plus de 2500 mètres d'altitude environ (fig. 25). Le réchauffement de la roche et de la glace présente dans les fissures, conjugué à la pression de l'eau d'infiltration, a provoqué de l'instabilité. Aucun des éboulements observés n'ayant été précédé de tremblements de terre, on a pu exclure que les premiers aient été causés par les seconds.

Pic de fréquence durant la seconde quinzaine d'août

Le pic de fréquence des éboulements a débuté en juillet après une période de canicule exceptionnelle. Le 28 juillet, quelque 5000 mètres cubes de roche (soit l'équivalent de cinq maisons individuelles) se sont détachés du flanc ouest du Piz Cambrena (GR). D'autres éboulements ont suivi dans différentes régions des Alpes suisses, principalement durant la première quinzaine du mois d'août. Le plus important a eu lieu le 2 septembre 2015, lorsqu'un pan du flanc ouest de la Grande Dent de Veisivi (VS),

Fig. 24

Températures à différentes profondeurs à l'intérieur de forages percés sur une sélection de sites.



Source: PERMOS

d'un volume estimé à 80 000 mètres cubes, s'est mis en mouvement à 3400 mètres. En été, des éboulements peuvent se produire à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit et à toutes les expositions, sauf sur les pentes orientées au sud (SLF 2016).

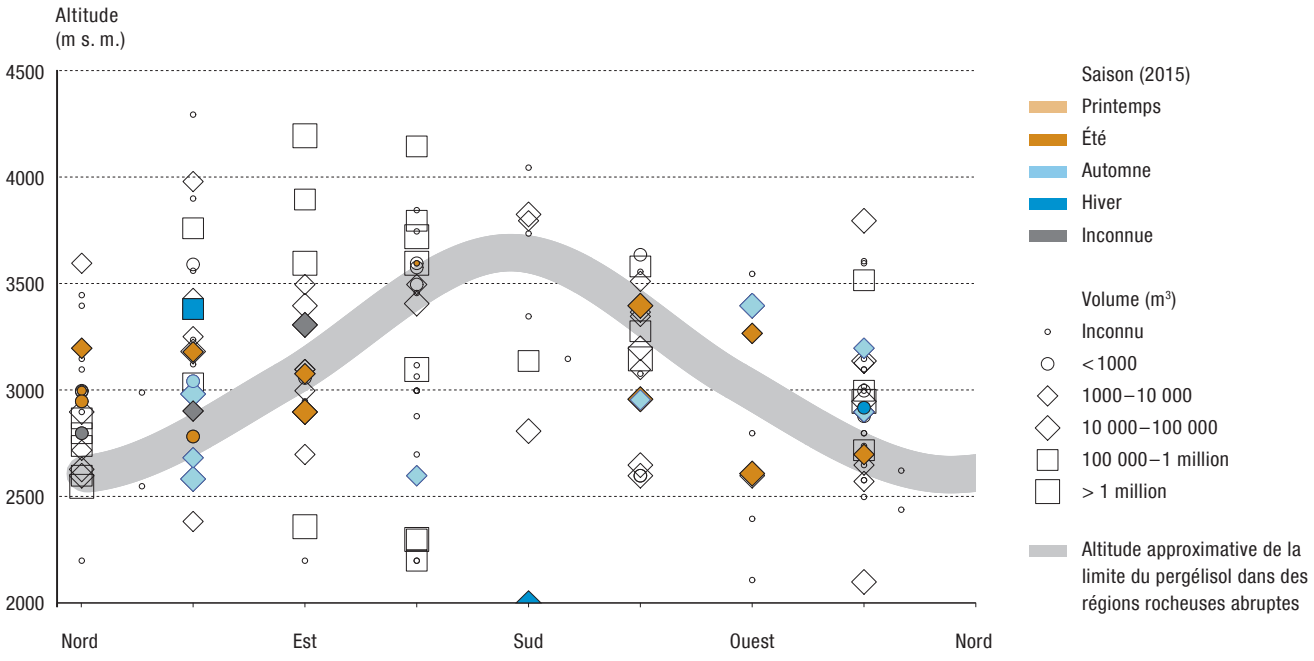
Concentration en été des éboulements de faible et moyenne ampleur

Dans les régions froides de haute altitude, les éboulements de faible et moyenne ampleur (moins d'un million de mètres cubes) se produisent surtout pendant les mois d'été. En la matière, les observations de 2015 concordent avec les données existant sur les chutes de pierres et les éboulements touchant le pergélisol, qui sont collectées depuis 1714 (fig. 25)[11]. Les gros éboulements (plus d'un million de mètres cubes de roches) peuvent par contre se produire toute l'année. Bien que les éboulements soient avant tout liés à la structure de la roche et à sa stabilité, il est vraisemblable que les processus à l'œuvre dans le pergélisol jouent également un rôle important.

11 Base de données des éboulements SLF/PERMOS

Fig. 25

Distribution des épisodes d'effondrement survenus en haute montagne en 2015 (symboles «pleins») par rapport à ceux répertoriés sur le long terme dans la base de données du SLF (symboles «vides»), laquelle regroupe plusieurs centaines d'épisodes de chutes de pierres et d'éboulements ayant touché le pergélisol alpin depuis 1714.



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

3 > Impacts de la canicule et de la sécheresse

3.1 Gestion des eaux

En matière d'approvisionnement en eau potable, la canicule et la sécheresse de l'été 2015 n'ont provoqué que des problèmes locaux et de faible ampleur. Les petits distributeurs d'eau ont souvent invité la population à économiser l'eau sur une base volontaire. Une interconnexion intelligente des infrastructures de distribution d'eau devrait permettre d'assurer la disponibilité d'eau potable en suffisance même lorsque les changements climatiques auront progressé. S'agissant des prélèvements d'eau pour l'agriculture, c'est en juillet et en août que les restrictions les plus sévères ont été prononcées. La situation n'a cependant pas atteint le degré de tension de 2003. Quelques cantons ont mis en œuvre des procédures améliorées de maîtrise à court terme des pénuries d'eau. Toutefois, on n'a répertorié que très peu de mesures d'adaptation préventive axées sur le long terme.

Contexte

Accent sur l'approvisionnement en eau potable, les prélèvements d'eau et les déversements d'eau

La gestion intégrée des eaux porte sur toutes les activités humaines liées à l'utilisation de l'eau, à sa protection et à la protection de l'homme contre les risques qu'elle induit (OFEG 2003). La présente section traite des impacts de la canicule et de la sécheresse de l'été 2015 sur l'approvisionnement en eau potable ainsi que sur les prélèvements et les déversements d'eau. Elle présente également les mesures prises pour maîtriser ces impacts. D'autres aspects de la gestion intégrée des eaux sont traités dans des sections séparées (qualité de l'eau, section 2.2; pêche, organismes aquatiques, zones alluviales et zones humides, section 3.4; force hydraulique, section 3.7).

La souveraineté sur l'eau, une compétence des cantons et des communes

En Suisse, la gestion des eaux a ceci de particulier qu'elle est assurée par de petites structures. En vertu de la Constitution fédérale[12], ce sont les cantons qui disposent des ressources en eau. Au travers de la législation sur la protection des eaux[13] , la Confédération fixe les conditions cadres visant à protéger les eaux contre les atteintes nuisibles et à garantir l'utilisation rationnelle de l'eau potable et de l'eau d'usage. Les cantons font souvent office d'autorité d'approbation ou de surveillance, notamment lorsqu'il s'agit de fixer les débits résiduels ou d'autoriser des prélèvements d'eau, ainsi que dans les domaines du déversement d'eaux usées et de l'exploitation des cours d'eau à des fins de refroidissement. S'agissant de l'exécution de la législation cantonale sur l'approvisionnement en eau potable, la plupart des cantons la délèguent aux communes.

12 Cst., RS 101 (art. 76)

13 Loi sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20) et ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201)

Compte tenu de cette situation, c'est auprès des services spécialisés des cantons qu'une enquête a été menée afin d'obtenir une vue d'ensemble des conséquences de la canicule de l'été 2015 sur la gestion des eaux à l'échelle du pays[14].

Enquête auprès des services spécialisés des cantons

Approvisionnement en eau potable

Difficultés d'approvisionnement ponctuelles à partir de la mi-juillet

Les niveaux des eaux souterraines étant élevés en début d'été (cf. 2.2), l'approvisionnement en eau n'a guère posé de problèmes durant les premières semaines de sécheresse du mois de juin. Même pendant les deux semaines de canicule extrême de début juillet, les besoins en eau accrus de la population ont été dans la plupart des cas couverts sans problèmes. À partir de la mi-juillet, du fait de la baisse des niveaux des eaux souterraines, les sources karstiques à faible profondeur du Jura et les sources sur terrain meuble du Plateau ont commencé à tarir (Tratschin et al. 2016). Par la suite, des pénuries locales sont survenues dans des exploitations agricoles et des exploitations d'alpage. En juillet et en août, les médias ont couvert en détail les interventions d'hélicoptères de l'armée destinées à approvisionner en eau le bétail du Jura vaudois et des Alpes fribourgeoises[15]. L'armée a en outre fourni une aide spontanée dans les cantons de St-Gall, de Glaris et d'Obwald (Armée suisse 2016).

Tarissement de sources jusqu'à la fin de l'année

Les précipitations sont restées inférieures à la moyenne en automne, si bien que les niveaux des eaux souterraines ont notablement baissé. Dans bien des cas, ils n'ont toutefois atteint leurs valeurs les plus basses qu'en novembre ou décembre, tout comme les débits des sources (cf. 2.2). Pendant cette période, certaines sources ont tari, notamment dans les cantons de Zurich, de Soleure, de Berne et du Jura ainsi qu'en Suisse centrale, comme en a fait état la Radio Télévision Suisse[16]. Bien que dans une bonne partie du pays, les niveaux des eaux souterraines aient été plus bas en novembre 2015 qu'à la même période en 2003, les pénuries sont restées limitées à certaines régions (Tratschin et al. 2016).

Appels aux économies d'eau dans une majorité de cantons

Dans dix cantons, plusieurs communes ont lancé des appels aux économies d'eau. Dans sept autres cantons, seul un petit nombre de communes en a fait autant (fig. 26)[17]. Ces appels ont été lancés soit par les communes elles-mêmes, soit par les distributeurs d'eau, et ils l'ont souvent été à titre préventif, afin de sensibiliser la population à l'arrivée ou à la persistance de la sécheresse. Lorsque ces appels aux économies d'eau ont été lancés, la quantité d'eau disponible était le plus souvent encore suffisante, si bien qu'il n'a pas été nécessaire d'imposer de restrictions touchant à des besoins essentiels. Les appels aux économies d'eau ou les directives édictées en ce sens portaient sur l'arrosage des jardins, le remplissage des piscines ou le lavage des voitures. Cer-

14 Enquête menée par Internet auprès des services cantonaux compétents au sujet des impacts de la canicule et de la sécheresse de l'été 2015 ainsi que des mesures prises en vue de les maîtriser. La plupart des questions étaient de type qualitatif. 22 cantons sur 26 y ont répondu. Les résultats ont été intégrés dans le rapport d'experts relatif à l'analyse des effets de la canicule et de la sécheresse dans le domaine de la gestion des eaux (Tratschin et al. 2016), et ils constituent l'un des principaux fondements de la présente section.

15 Schweizer Bauer, 22 juillet 2015; NZZ, 25 juillet 2015; Südostschweiz, 31 juillet 2015

16 Radio Télévision Suisse alémanique, 4 et 20 novembre 2015

17 En règle générale, les communes ne sont pas tenues d'informer l'autorité cantonale des restrictions en matière d'approvisionnement en eau potable. Il faut donc partir du principe que les résultats de l'enquête menée auprès des cantons sont incomplets. Pour obtenir une image plus détaillée de la situation, il faudrait écrire individuellement à tous les distributeurs d'eau du pays (Tratschin et al. 2016).

taines communes ont commencé par arrêter les fontaines publiques. Ces appels aux économies d'eau n'ont pas été lancés seulement pendant l'été, mais aussi, en bien des endroits, jusqu'au mois de novembre.

Pratiquement pas de restrictions importantes dans l'approvisionnement en eau potable

Selon les informations fournies par les services spécialisés des cantons, il n'a été édicté d'interdictions contraignantes touchant certaines utilisations de l'eau potable que pour certaines communes valaisannes. Le Tessin n'a fait état que de quelques appels aux économies d'eau alors que, en 2003, jusqu'à 10 % de la population s'étaient vu imposer des restrictions temporaires d'approvisionnement en eau potable (Tratschin et al. 2016, OFEFP et al. 2004).

La mise en réseau accroît la sécurité de l'approvisionnement en eau potable

En 2015, lorsque les distributeurs d'eau avaient mis en réseau leurs infrastructures d'approvisionnement ou que l'eau provenait d'au moins deux aquifères indépendants l'un de l'autre, l'approvisionnement en eau n'a pratiquement posé aucune difficulté. Certains cantons ont explicitement relevé que la mise en réseau des distributeurs avait amélioré la sécurité d'approvisionnement au cours des dernières années, permettant ainsi d'éviter des problèmes.

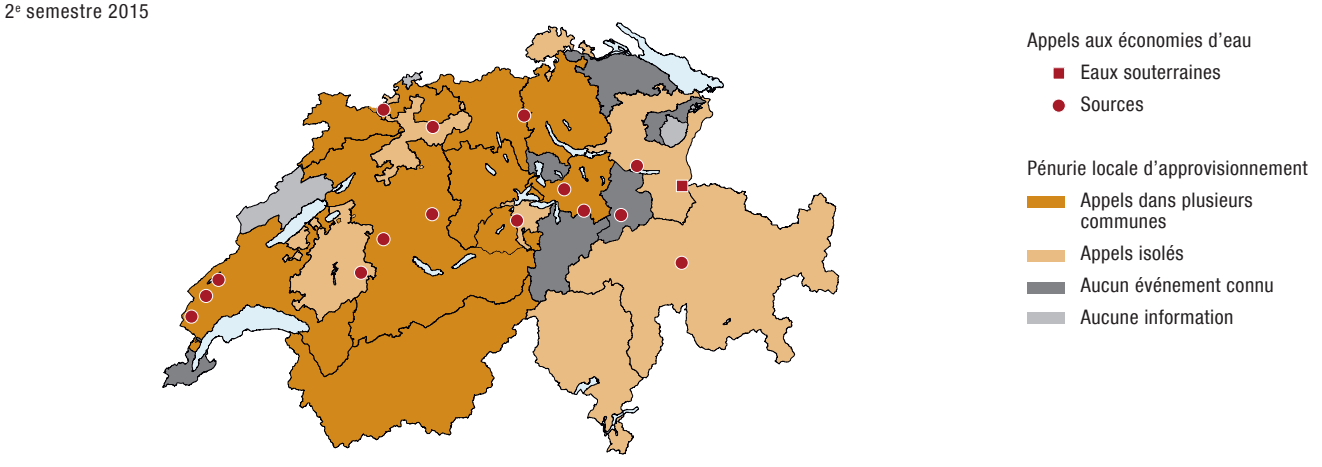
Prélèvements d'eau

Le débit Q347, indicateur de la nécessité de restreindre les prélèvements

La loi sur la protection des eaux règle l'octroi des autorisations pour les prélèvements d'eau, garantissant ainsi le maintien de débits résiduels appropriés dans les cours d'eau. En règle générale, l'autorité d'approbation (le canton ou la commune) est tenue

Fig. 26

Restrictions dans l'approvisionnement en eau public ou privé selon l'enquête menée auprès des services spécialisés des cantons (Tratschin et al. 2016). Surfaces en couleur: nombre relativement élevé d'appels aux économies d'eau dans les cantons. Points: pénuries locales d'eau.



Source: OFEV

de restreindre les autorisations à durée limitée et les prélèvements temporaires dans les cours d'eau au plus tard lorsque des débits résiduels appropriés ne sont plus garantis. Ces derniers sont déterminés sur la base, d'une part, d'un indicateur des débits d'étiage (le débit dit Q_{347}[18]) et, d'autre part, en tenant compte de critères écologiques tels que la qualité de l'eau ou la hauteur d'eau nécessaire à la libre migration des poissons. L'irrigation des terres agricoles est fréquemment touchée par des restrictions concernant les autorisations temporaires et les prélèvements mobiles. Les installations hydroélectriques, en revanche, sont souvent au bénéfice de concessions de longue durée fixant les débits résiduels minimaux à respecter (cf. 3.7).

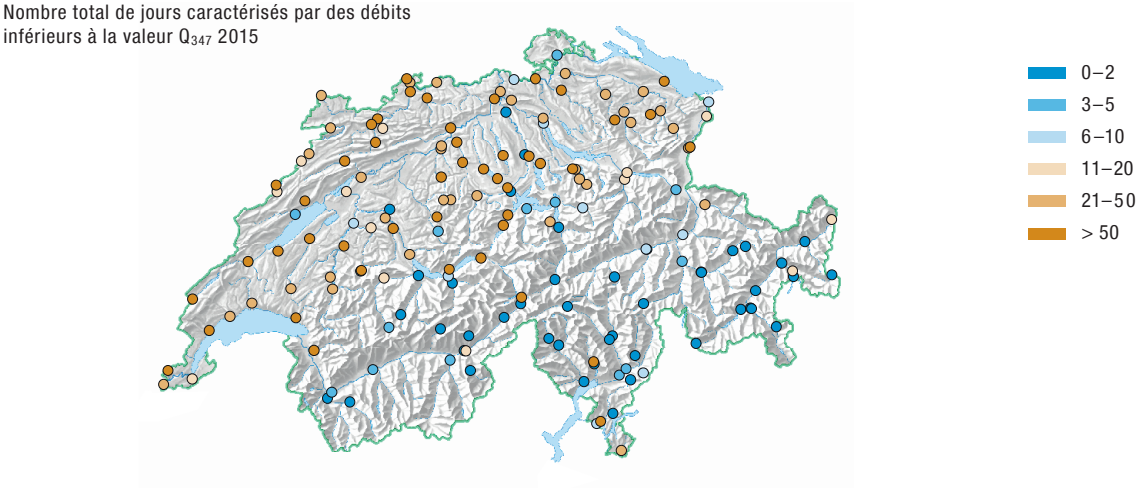
Débits critiques à partir de juillet dans les bassins versants à régime pluvial, ailleurs également en fin d'été et en automne

De nombreux cours d'eau du nord des Alpes ont connu des débits inférieurs à la valeur Q_{347} pendant des périodes allant de plusieurs semaines à plusieurs mois (fig. 27). Cette situation s'est prolongée particulièrement longtemps pour les cours d'eau fortement dépendants des pluies («régime pluvial») et peu influencés par les échanges avec des eaux souterraines ou les émissaires de lacs. C'est ainsi que, en dépit d'un printemps humide, quelques cours d'eau de la région lémanique, de l'arc jurassien, du Seeland, du Plateau et du nord-est de la Suisse ont atteint le débit Q_{347} dès le mois de juillet. Les cours d'eau alimentés par de l'eau de fonte ou d'importants réservoirs d'eau (lacs, aquifères) n'ont atteint leur débit d'étiage qu'en fin d'été ou en novembre. Dans les Alpes et sur le versant sud des Alpes, les cours d'eau n'ont pas présenté de niveaux inhabituellement bas (cf. 2.2).

18 En vertu de la loi sur la protection des eaux (art. 4, let. h), le débit Q_{347} est le débit qui, sur une moyenne de dix ans, est atteint ou dépassé pendant 347 jours par an sans être influencé de façon essentielle par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau. La section 2.2 traite d'un autre paramètre d'étiage, le débit NM7Q. Le débit défini par l'indicateur Q_{347} est en général nettement plus important que celui qui correspond à la valeur NM7Q (cf. fig. 12).

Fig. 27

Journées caractérisées par des débits inférieurs à la valeur Q_{347} aux stations de mesure hydrologiques de l'OFEV en 2015 (voir aussi la note de bas de page 18).



Source: OFEV

Diversité des procédures cantonales de restriction des prélèvements d'eau

Dans les régions possédant des cultures agricoles à consommation d'eau élevée, les besoins d'irrigation peuvent monter en flèche sous l'effet conjugué de l'absence de précipitations et de l'augmentation de l'évapotranspiration provoquée par la canicule. Lors de périodes antérieures de sécheresse et de canicule (p. ex. en 1976 et en 2003), les restrictions imposées aux prélèvements d'eau ont dans certains cas provoqué des conflits entre les intéressés et les autorités cantonales, voire entraîné des prélèvements illicites (OFEFP et al. 2004). En 2015, certains cantons ont édicté des interdictions générales de prélèvement, puis accordé des dérogations pour certains (gros) cours d'eau. C'est le cas des cantons de Vaud, de Fribourg et du Jura. D'autres cantons ont mis au point des systèmes sophistiqués permettant d'assurer, malgré des contingents d'eau limités, une pesée d'intérêts optimale entre protection et utilisation. Le canton de Berne a ainsi installé des échelles de niveau dans certains cours d'eau, ce qui a permis aux agriculteurs de déterminer eux-mêmes le moment où les débits résiduels minimaux étaient atteints. Dans le canton de Soleure, les détenteurs d'une autorisation de prélèvement se sont réparti la fenêtre d'irrigation au moyen d'un sondage en ligne (par la plate-forme Doodle), ce qui leur a permis de préserver dans une large mesure le rendement des végétaux tout en respectant les dispositions relatives aux débits résiduels (Dübendorfer et al. 2015, Tratschin et al. 2016).

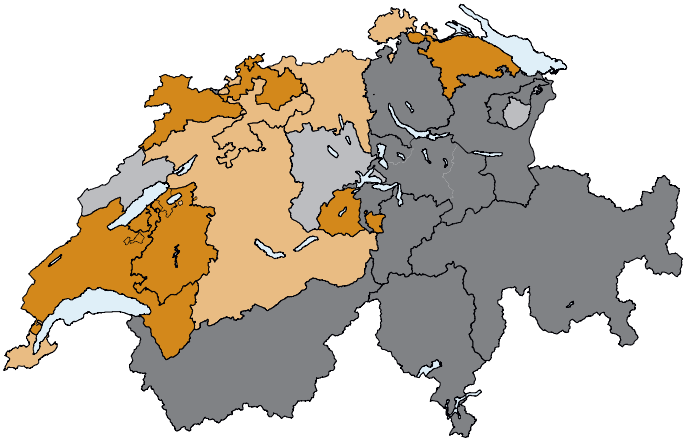
L'agriculture touchée par des restrictions surtout sur le Plateau

En 2015, c'est avant tout dans les cantons de l'arc jurassien, du Seeland et du nord-est de la Suisse que les prélèvements d'eau pour l'agriculture ont été restreints ou interdits. Dans les régions alpines et sur le versant sud des Alpes, soit les cours d'eau présentaient un débit suffisant, soit l'on n'a pas l'habitude de recourir à l'irrigation agricole (fig. 28). Les résultats de l'enquête menée auprès des cantons confirment ainsi ce que laissait supposer l'indicateur Q_{347}. Ce sont les restrictions imposées pendant les périodes de

Fig. 28

Interdictions ou restrictions de prélèvement d'eau pour l'irrigation des terres agricoles selon l'enquête menée auprès des services spécialisés des cantons (Tratschin et al. 2016).

2e semestre 2015



Source: OFEV

canicule de juillet et d'août qui ont eu les conséquences les plus graves: les résultats de l'enquête auprès des cantons et les comptes rendus des médias concordent sur ce point (Tratschin et al. 2016)[19]. Dans certains cantons, l'interdiction de procéder à des prélèvements d'eau s'est prolongée jusqu'en novembre. Pour l'agriculture, les restrictions sont moins graves en automne qu'en été: l'évapotranspiration est moins forte et de nombreuses récoltes ont déjà eu lieu (cf. 3.2). Reste qu'elles posent tout de même des problèmes: des agriculteurs de l'arc jurassien ont ainsi dû recourir à de l'eau potable issue du réseau public de distribution pour irriguer leurs cultures fraîchement semées.[20]

Amélioration de la pratique en matière d'autorisation des prélèvements pour l'agriculture

À la suite de la canicule de l'été 2003, certains cantons ont amélioré leur pratique en matière d'autorisation pour les prélèvements d'eau, notamment en la réglementant de façon transparente. C'est ainsi que les cantons de Berne, de Bâle-Campagne, de Soleure, de Thurgovie, du Tessin et de Zurich ont soit publié sur Internet, à un stade précoce, des notices expliquant les règles à respecter en matière de prélèvements d'eau, soit informé directement les acteurs concernés de la situation d'étiage qui s'annonçait. D'autres cantons (p. ex. St-Gall, Lucerne ou Berne) ont clairement indiqué les cours d'eau (d'une certaine importance) dans lesquels les prélèvements resteraient possibles durant les périodes de sécheresse et ceux pour lesquels des restrictions étaient à prévoir. Ces différentes formes d'information précoce et transparente quant à la pratique en vigueur en matière d'autorisation semblent avoir au moins atténué le potentiel de conflit. Dans les cantons caractérisés par un très faible nombre de requérants (p. ex. Thurgovie et Soleure), les demandes de prélèvement d'eau ont pu être examinées sur place avec la participation du garde-pêche (Tratschin et al. 2016).

Déversements d'eau

Pratiquement aucun problème pour le déversement d'eaux usées

Cinq cantons situés le long de l'arc jurassien ou dans le nord-est de la Suisse (Bâle-Campagne, Genève, St-Gall, Thurgovie et Zurich) ont indiqué qu'en 2015, le déversement d'eaux épurées dans les cours d'eau avait provoqué des problèmes dans quelques cas isolés, lorsque les cours d'eau récepteurs présentaient un débit trop faible pour permettre une dilution suffisante. Dans l'ensemble, la canicule et la sécheresse de l'été 2015, tout comme celles de 2003, n'ont toutefois guère créé de difficultés pour les stations d'épuration des eaux usées (Tratschin et al. 2016, OFEFP 2004).

Restrictions à l'utilisation d'eau de refroidissement pour certaines centrales nucléaires

Le déversement d'eau de refroidissement dans les cours d'eau est soumis à autorisation. Les limites de température à respecter sont fixées dans l'ordonnance sur la protection des eaux: la température des eaux de refroidissement ne doit pas dépasser 30 °C au moment de leur déversement dans le cours d'eau ou la retenue; le réchauffement des eaux réceptrices ne doit pas dépasser de plus de 3 °C la température la plus proche possible de l'état naturel; si le tronçon appartient à une zone à truites, ce réchauffement ne doit pas être supérieur à 1,5 °C; la température des eaux réceptrices ne doit en outre pas dépasser 25 °C. Les centrales nucléaires de Mühleberg et de Beznau, qui sont respectivement refroidies à l'eau de l'Aar et du Rhin, comptent pour près de la moitié de la part du réchauffement de ces cours d'eau qui est due aux déversements d'eau de

19 Solothurner Zeitung, 20 juillet 2015; Tagesanzeiger, 25 juillet 2015; Schweizer Bauer, 7 août 2015

20 Radio et Télévision Suisse alémanique, 11 novembre 2015

refroidissement et d'eaux usées (Munz 2009). Les centrales nucléaires de Leibstadt et de Gösgen, qui sont dotées de tours de refroidissement, ne réchauffent les eaux que de manière minime. Pour respecter les prescriptions légales relatives aux déversements d'eau de refroidissement, la centrale nucléaire de Mühleberg a réduit sa puissance de 20 % pendant 16 jours en 2015. La centrale de Beznau a elle aussi réduit sa puissance pendant une courte période. Le manque à produire qui en a résulté était toutefois nettement plus faible que dans le cas de Mühleberg (cf. 3.8).

Pas d'autres restrictions concernant l'utilisation d'eau de refroidissement en été 2015

Contrairement à ce qui s'était passé durant les canicules de 2003 ou de 2006, il n'a pas été édicté d'autres restrictions ou dérogations pour l'utilisation d'eau de refroidissement en 2015. Cela s'explique principalement par le fait que la température maximale des cours d'eau de moyenne à grande importance est restée légèrement au-dessous de la barre des 25 °C, même pendant les mois les plus chauds (juillet et août).

Autres impacts

Capacités de transport réduites sur les eaux, impact pratiquement nul sur les installations d'enneigement

Selon la presse[21] (les auteurs ne disposent pas de données de première main concernant l'impact de la sécheresse sur la navigation), les cargos et les bateaux-citernes ont certes pu naviguer pendant la période allant de début août à fin 2015, mais avec une charge réduite, ce qui a eu pour effet d'augmenter les coûts de transport. Selon les réponses fournies par les cantons, la pénurie des ressources en eau n'a entraîné des restrictions à l'enneigement artificiel des pistes de ski que dans de rares cas. La douceur du début de l'hiver a placé les exploitants devant des défis bien plus difficiles à relever (Tratschin et al. 2016).

3.2 Agriculture

Pour les animaux de rente, l'été 2015 a été synonyme d'un stress thermique de la même ampleur qu'en 2003. À partir du mois de juillet, des déficits en eau marqués ont entraîné une baisse du rendement des surfaces herbagères, en partie compensée par les rendements élevés d'avant la sécheresse. Dans les grandes cultures, les besoins d'irrigation ont été supérieurs à ceux des années «normales». Si certaines cultures ont donné de très gros rendements, d'autres ont connu des pertes de production importantes.

Contexte

Les conditions météorologiques et climatiques exercent une influence décisive sur la production agricole. Les impacts de la chaleur et de la sécheresse sur les rendements et la qualité varient selon la région, la saison, la culture et son stade de développement, les propriétés du sol et son mode d'exploitation.

21 Handelszeitung, 6 novembre 2015; 20 Minuten, 10 novembre 2015

Stress thermique et baisse de rendement chez les vaches laitières

La température et l'humidité de l'air ont un impact direct sur le bien-être animal et le rendement de la production animale. Lorsque l'élévation de la température de l'air se conjugue à un taux d'humidité élevé, l'appétit des vaches laitières diminue, si bien qu'elles consomment moins de fourrage. Il s'ensuit une diminution quantitative et qualitative de leur production de lait. Les périodes de canicule prolongées sont en outre néfastes à la reproduction, à la croissance et à la santé des animaux. Pour caractériser le stress thermique chez les animaux de rente, on utilise un indice de température-humidité (Temperature Humidity Index, THI), qui se calcule sur la base des températures moyennes journalières et de l'humidité relative (Fuhrer & Calanca 2012).

Rendement des surfaces herbagères et sécheresse

Le manque d'eau réduit le rendement des prairies et des pâturages. Un simple indice de sécheresse développé dans le cadre du programme pilote «Adaptation aux changements climatiques» permet d'estimer les impacts d'un déficit en eau de durée relativement longue sur le rendement potentiel d'une prairie ou d'un pâturage (OFEV 2016b). On l'établit en calculant l'évapotranspiration relative sur la base des données se rapportant aux précipitations quotidiennes. On a en outre déterminé les taux de croissance quotidiens des herbacées et des graminées dans des prairies situées dans le Jura vaudois à des altitudes comprises entre 400 et 1300 m d'altitude et régulièrement fauchées (Mosimann 2005).

Le besoin d'irrigation des champs et des vergers dépend de la quantité de précipitations

Pendant l'été, les champs et les vergers de Suisse ont en moyenne besoin de quatre litres d'eau par jour et par mètre carré, ce qui correspond à une quantité quotidienne de précipitations de 4 millimètres. Ce besoin peut atteindre plus de six litres les jours de canicule. En l'absence de précipitations, il faudrait donc fournir aux cultures au moins 40 millimètres d'eau tous les dix jours afin d'éviter le stress hydrique. Dans le cadre d'un autre projet pilote d'adaptation aux changements climatiques, on a développé un outil permettant de calculer en continu les besoins d'irrigation de différentes cultures agricoles de la région Broye-Seeland et de les comparer avec les réserves d'eau disponibles (OFEV 2016d).

Impacts de l'été 2015 sur les animaux de rente

Le stress thermique subi par les vaches varie d'un endroit à l'autre

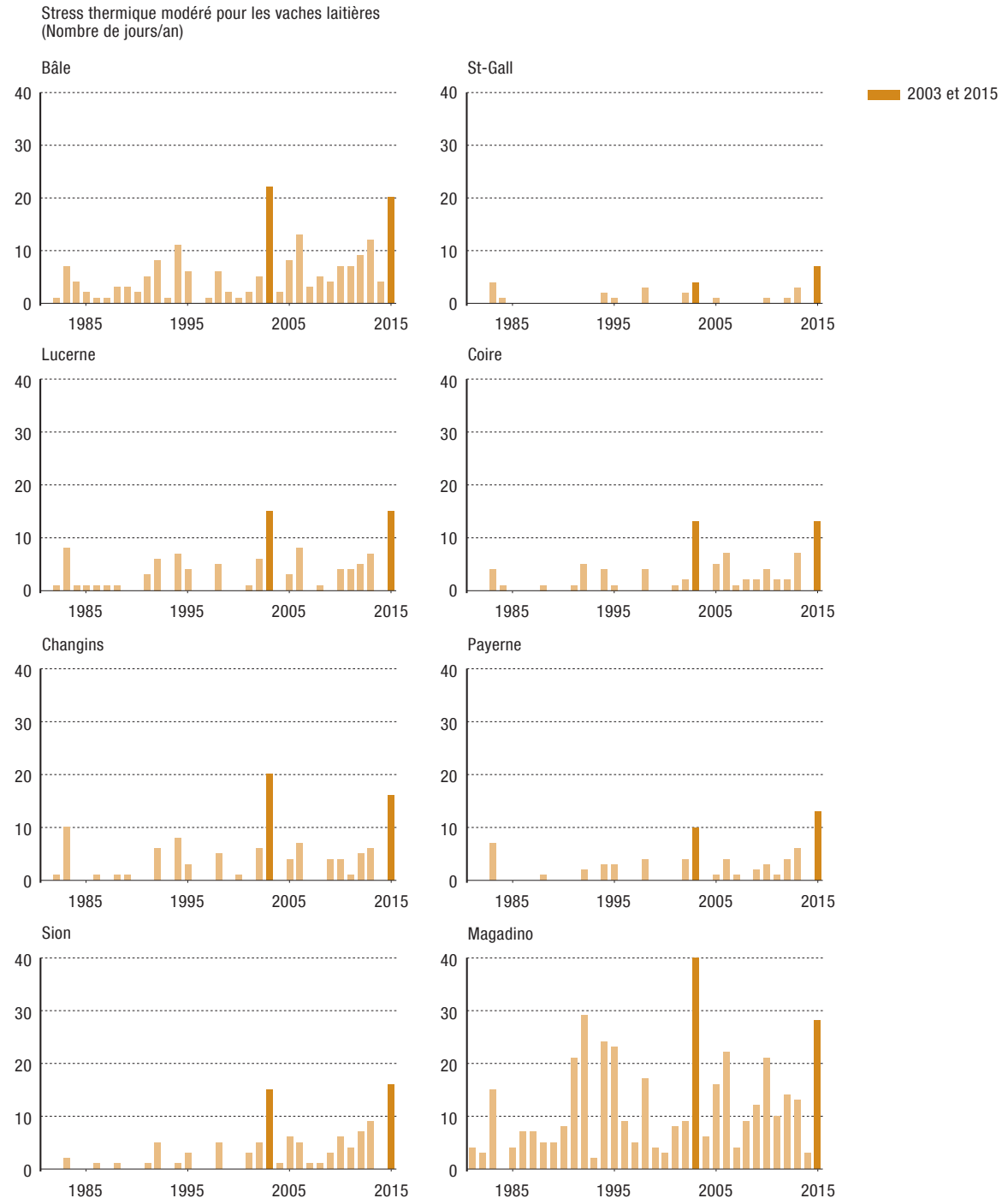
Au cours des 35 dernières années, le nombre de journées induisant un stress thermique modéré pour les vaches laitières (valeur THI supérieure à 72) a varié d'un endroit à l'autre (fig. 29). La plupart des stations de mesures ne recensent en général guère plus que dix journées de ce type par an. Saint-Gall en enregistre un peu moins, Bâle un peu plus. Quant à la station de Magadino, elle mesure régulièrement plus de 20 journées impliquant un stress thermique au moins modéré.

Nette augmentation du stress thermique subi par les vaches laitières en 2003 et en 2015

Les années 2003 et 2015 se distinguent des autres par un important excès de journées induisant un stress thermique au moins modéré pour les vaches laitières (fig. 29). La distribution de la fréquence des valeurs THI quotidiennes en été montre que celles proches de 70 étaient nettement plus fréquentes en 2003 qu'en 2015, mais que celles comprises entre 55 et 65 et celles supérieures à 75 étaient plus fréquentes en 2015 qu'en 2003.

Fig. 29

Nombre de jours de stress thermique modéré pour les vaches laitières (indice THI supérieur à 72) par an, sur huit sites en Suisse pendant la période 1981–2015. Orange foncé: valeurs pour les années 2003 et 2015.



Source: Agroscope

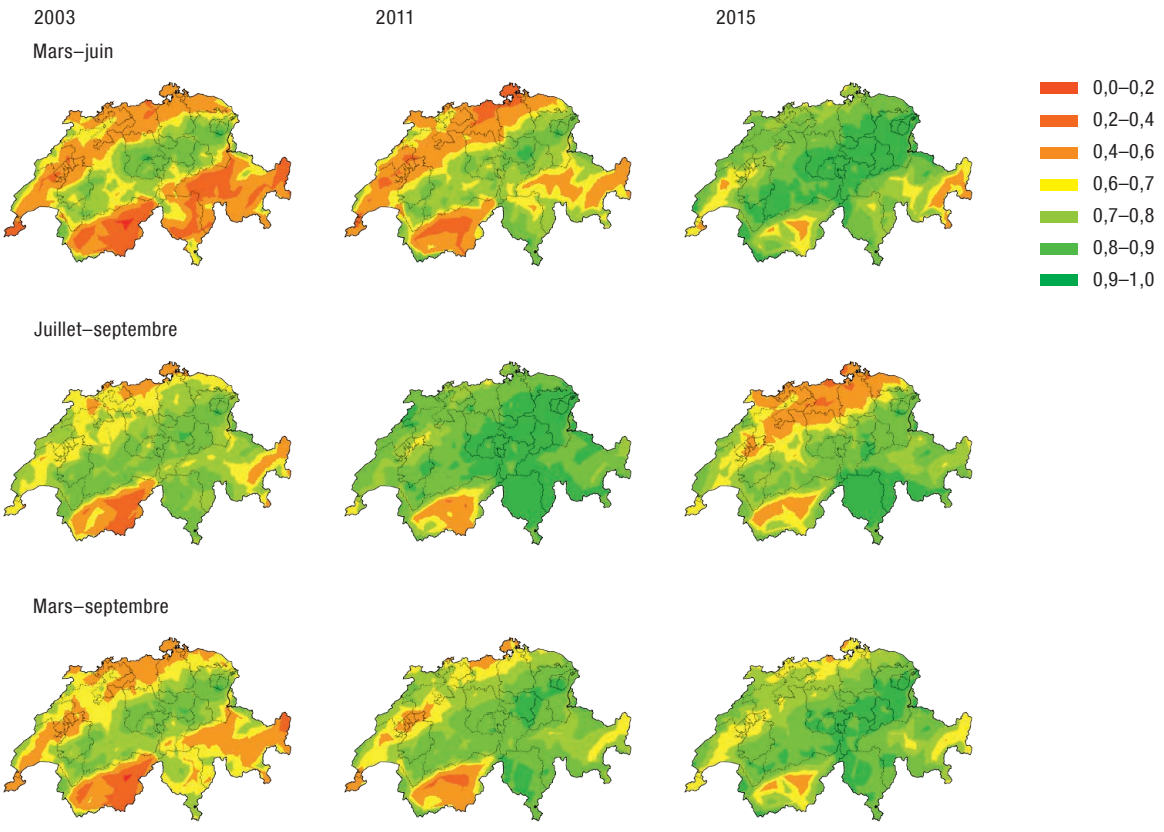
Rendement des surfaces herbagères

Bon potentiel de rendement au printemps, déficit en eau marqué à partir de juillet

Comme le montre la carte des valeurs de l'indice de sécheresse (fig. 30), les conditions météorologiques étaient favorables aux prairies et aux pâturages dans la majeure partie de la Suisse au printemps 2015. En 2003 et en 2011, le potentiel de rendement était nettement plus faible à la même période. Inversement, le déficit en eau qui a touché le nord des Alpes pendant la période de juillet à septembre 2015 était nettement plus marqué cette année-là qu'en 2003 et en 2011. Sur l'ensemble de la période de végétation, c'est 2003 qui constitue l'année la plus sèche, et, si l'on prend en compte l'ensemble du pays, le déficit en eau est un peu plus faible en 2015 qu'en 2011.

Fig. 30

Indice de sécheresse (évapotranspiration relative) des années 2003, 2011 et 2015 durant trois périodes différentes. Les valeurs de l'indice correspondent approximativement au rendement relatif des surfaces herbagères, les valeurs proches de 1 (en vert) étant synonymes de conditions favorables et les valeurs inférieures à 0,7 (de jaune à rouge) étant considérées comme critiques.



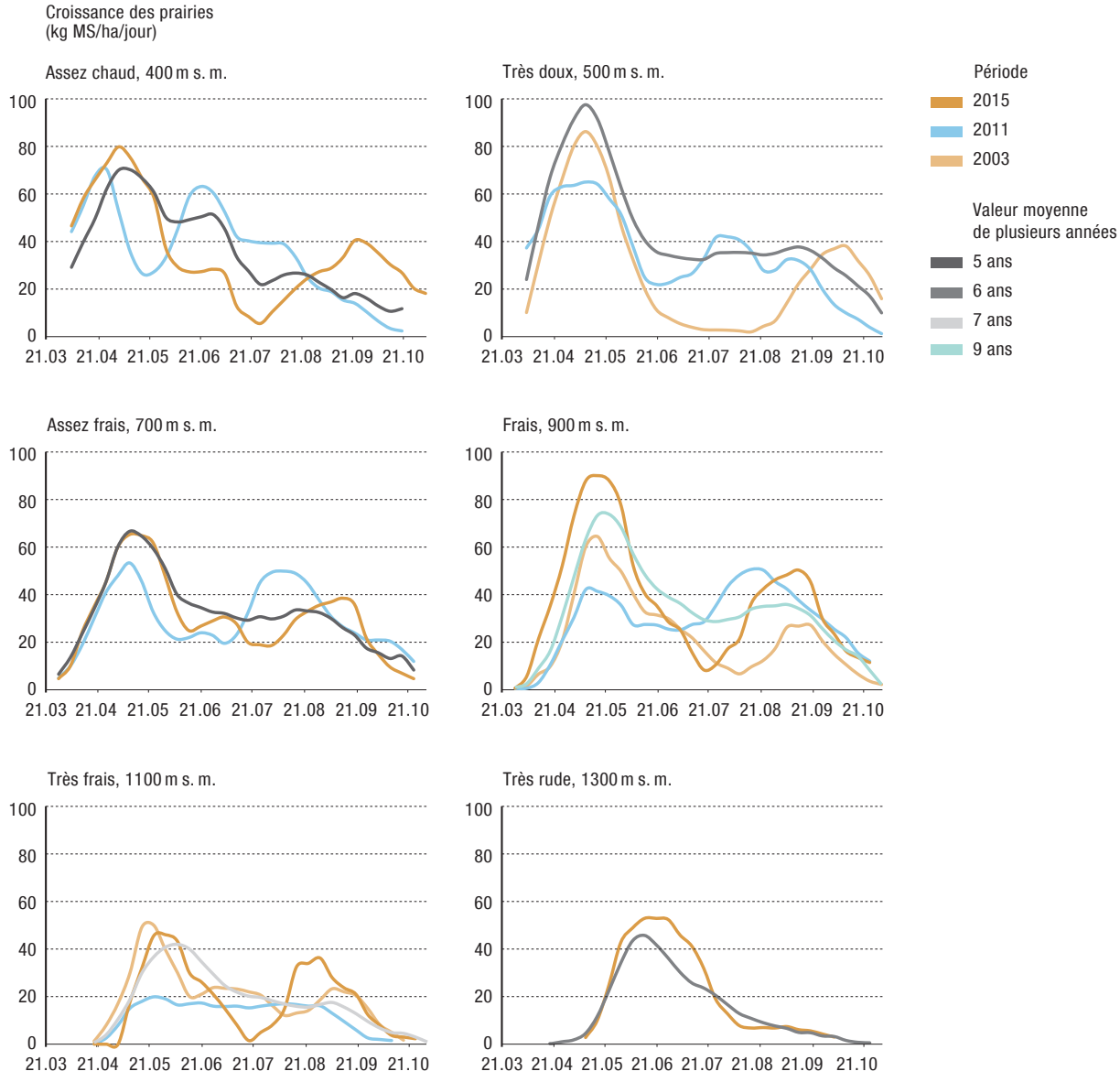
Source: Agroscope et Suisse Grêle

Rendement élevé lors de la première fauche, productivité minime pendant l'été

Si les conditions météorologiques relativement favorables du printemps 2015 permettent un bon rendement lors de la première fauche, la sécheresse de l'été provoque, comme en 2003 et en 2011, un ralentissement de la croissance des végétaux, qui apparaît clairement dans les courbes de croissance enregistrées dans le Jura vaudois (fig. 31). Cette période de faible productivité est ensuite compensée par une intensifi-

Fig. 31

Taux de croissance quotidiens des herbacées et des graminées de prairies régulièrement fauchées à différents emplacements du Jura vaudois, en kg de matière sèche par hectare et par jour (kg MS/ha/jour).



Source: Agroscope

cation générale de la croissance des prairies: dès le retour des précipitations, la minéralisation des parties de plantes mortes à la surface du sol commence, si bien que les végétaux sont abondamment approvisionnés en éléments nutritifs.

Fortes pertes de rendement en plaine, moins sévères toutefois qu'en 2003

En comparaison avec les rendements moyens enregistrés depuis 2000, les étés 2003 et 2015 ont été marqués par d'importantes pertes de rendement en plaine et dans les régions les plus chaudes, comme l'indiquent les résultats enregistrés dans le Jura vaudois (tab. 4). Les pertes sont moins graves en altitude et, globalement, elles sont moins importantes en 2015 qu'en 2003.

Augmentation du besoin de surfaces pour la production fourragère

Comme le montrent les résultats d'un projet pilote d'adaptation aux changements climatiques (OFEV 2016c), une première fauche précoce a permis de tirer le meilleur parti possible des prairies du pied du Jura vaudois. Dans certaines régions, les rendements fourragers des surfaces herbagères ne suffiront vraisemblablement que lors des bonnes années à nourrir le bétail existant. En 2015, certaines exploitations ont ainsi eu besoin d'une surface d'un cinquième plus grande que l'année précédente pour nourrir leurs vaches laitières. Ce besoin a été couvert par l'achat de fourrage à l'extérieur ou par des coopérations avec des exploitations voisines.

Besoins d'irrigation et rendement des grandes cultures

Déficit en eau plus élevé en 2015 qu'en 2003 à Sion, mais identique à 2003 à Changins

Les besoins d'irrigation des grandes cultures peuvent être déterminés sur la base de l'évolution spécifique au site des réserves d'eau présentes dans le sol. Pendant la période du 1er mai au 21 juillet 2015, le déficit d'eau à Sion s'est ainsi élevé à 192 millimètres, soit à près de 60 millimètres de plus que pendant la canicule de l'été 2003, et à plus de trois fois plus que la moyenne des années 1978–2007 (fig. 32a). Cet important déficit en eau est dû aux températures élevées et à la forte évapotranspiration qui en a résulté. Les dernières précipitations notables de l'été 2015 ont eu lieu le 8 juin à Sion. À Changins, le déficit en eau a atteint des valeurs similaires à celles de 2003 (fig. 32b). En 2015, les précipitations du mois de juin ont retardé de près d'une semaine (par rapport à 2003) l'épuisement des réserves d'eau. Quant à la croissance des plantes non irriguées, elle a été entravée à partir de la fin juin environ tant à Sion qu'à Changins.

Tab. 4

Pertes de rendement des prairies du Jura vaudois les années de sécheresse (2003, 2015).

Altitude (m s. m.)	Rendement annuel moyen (en kg de poids sec par hectare et par an)	Recul du rendement par an (en %)	
		2003	2015
400–500	9240	–38	–15
700–900	7152	–24	–3
1100–1300	3794	–5	–5

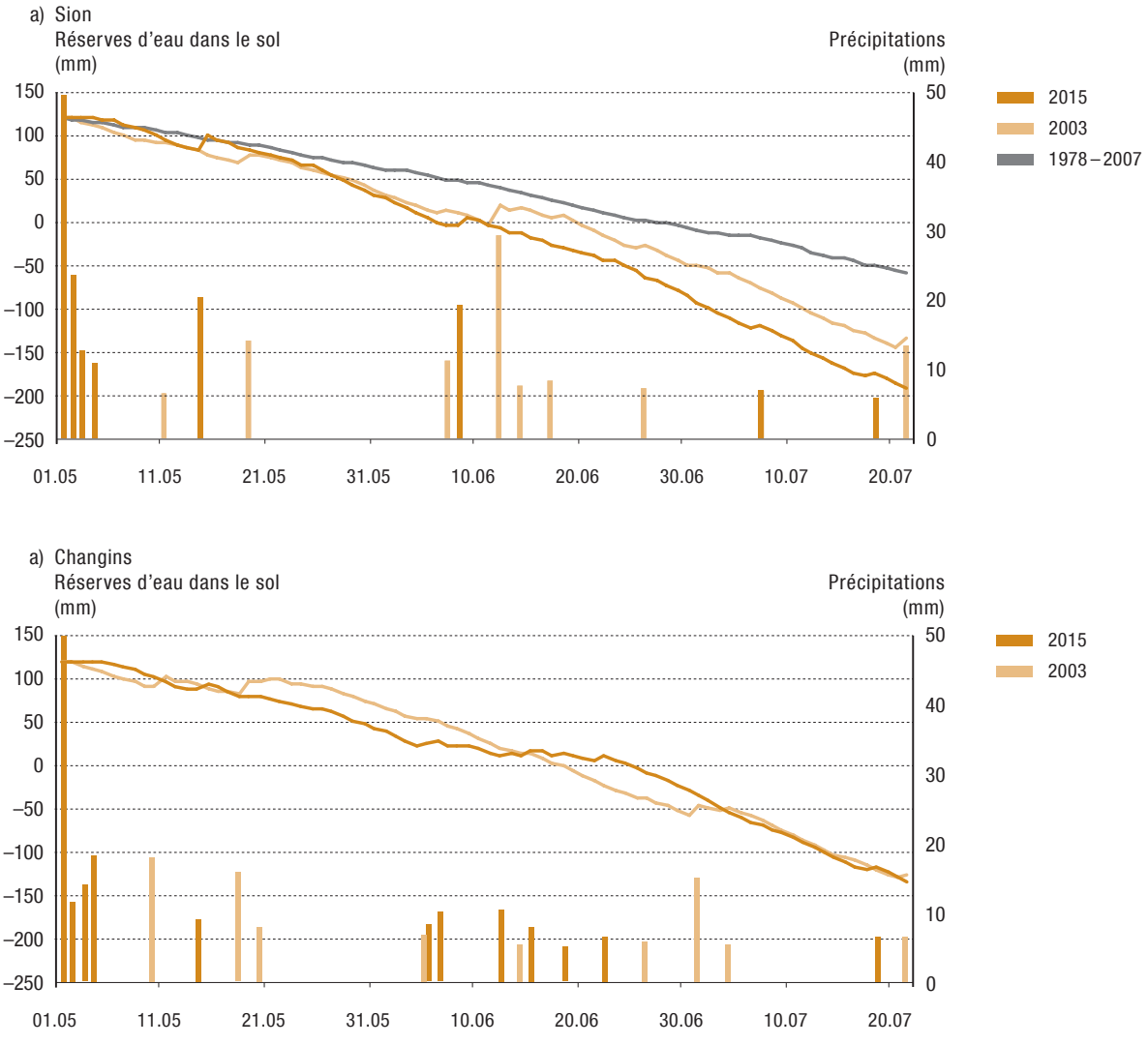
Source: Agroscope

L'exemple d'un champ de pommes de terre typique de la Broye (sol argilo-sableux) montre que, avec 245 mm, les besoins en eau ont été un peu plus faibles en 2015 qu'en 2003 et en 2009. Les besoins en eau les plus importants enregistrés en 2003 dépassaient de plus de 90 mm, soit de plus de 50 %, ceux d'une année moyenne comme 2006 (fig. 33).

Augmentation des besoins d'irrigation plus tardive en 2015 qu'en 2003 pour les pommes de terre

Fig. 32

Réserves d'eau présentes dans le sol (courbes, échelle de gauche) et précipitations (barres, échelle de droite) en millimètres pendant la période du 1er mai au 21 juillet en 2003 (orange clair) et 2015 (orange foncé) à Sion (en haut) et à Changins (en bas). Moyenne des années 1978–2007 pour les réserves d'eau présentes dans le sol à Sion (gris foncé).



Source: Agroscope

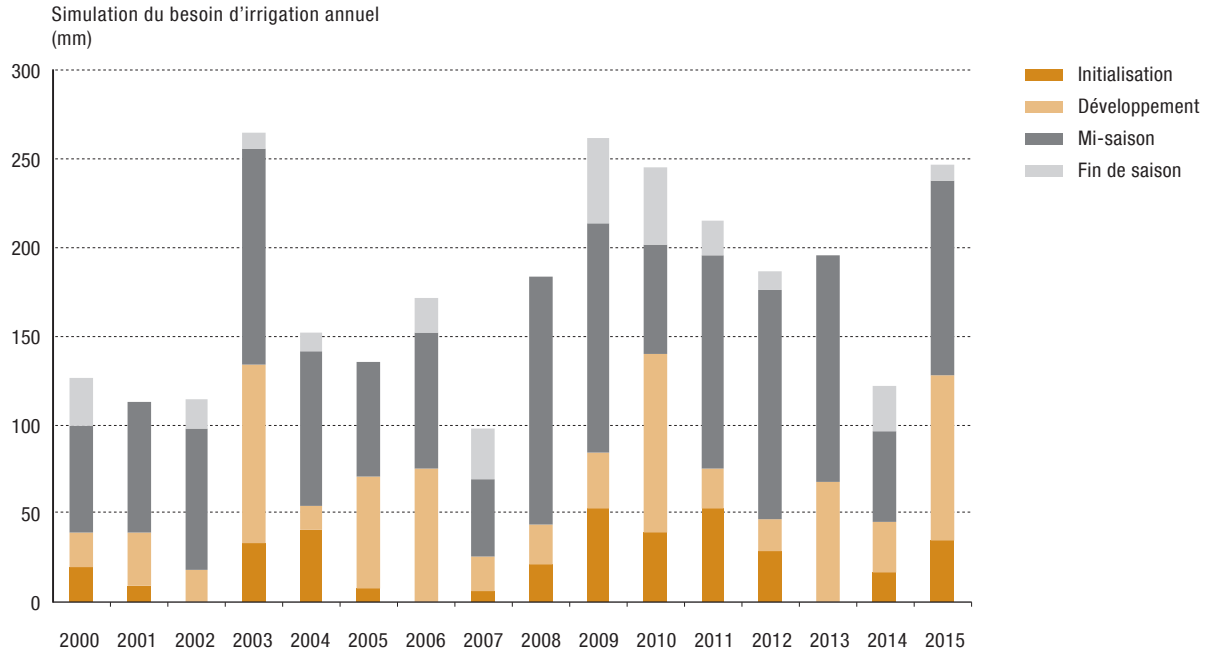
À la différence de 2015, les précipitations qui se sont accumulées en 2003 jusqu'au début de la période de développement de la végétation étaient déjà nettement au-dessous de la moyenne, ce qui a eu des conséquences non négligeables pour l'irrigation. Vers la fin de la saison, les déficits de précipitations des deux années en question se rapprochent. Après la fin de l'avant-dernière phase de croissance de la pomme de terre, il a fallu irriguer plus souvent en 2015 qu'en 2003. Les réserves locales d'eau n'ont suffi dans aucun des deux cas à couvrir les besoins.

L'année 2015, synonyme de très bons ou de très mauvais rendements selon les cultures

Les rendements annuels des grandes cultures quantitativement les plus importantes de Suisse permettent d'identifier les bonnes et les mauvaises années (fig. 34). Il en va autrement du bilan de l'année 2015, qui est tout en contrastes: le colza et l'orge d'automne se distinguent par d'excellents rendements, dépassant respectivement de 16 et de 11 % la moyenne des années 2000–2014, et le blé d'automne affiche un résultat 4 % plus élevé que cette moyenne. Par contre, les rendements de la betterave sucrière, de la pomme de terre et du maïs grain s'inscrivent respectivement à 12, à 15 et à 18 % en dessous de la moyenne des années en question. Il s'agit là de résultats encore pires qu'en 2003. Les différences de rendement entre 2003 et 2015 s'expliquent en partie par le décalage entre l'arrivée des périodes de sécheresse et par le fait que les besoins

Fig. 33

Simulation du besoin d'irrigation annuel en millimètres pour les quatre phases de développement d'une culture de pommes de terre sur un sol argilo-sableux pendant la période 2000–2015.



Source: Agroscope et e-dric.ch

en eau varient d'une culture à l'autre: si la sécheresse de 2003 s'est étendue à toute la période de végétation, celle de 2015 s'est surtout fait sentir en plein été. Or le blé a surtout besoin d'eau de mai à juin, la betterave sucrière en juillet et le maïs de juillet à août.

Fig. 34

Rendement des principales cultures pendant la période 2000–2015, en décitonnes par hectare par rapport aux moyennes 1985–2014 (ligne bleue claire) et 2000–2014 (ligne bleue foncée). Les années 2004, 2009, 2011 et 2014 peuvent globalement être considérées comme «bonnes» et les années 2001, 2003, 2006 et 2013 comme «mauvaises».

Source: USP

Il n'y a pas que le rendement qui importe, la qualité de la récolte compte aussi. C'est ainsi que la longue période de sécheresse a induit une teneur en sucre record de 18,9 % en moyenne pour la betterave à sucre. La récolte suisse de betteraves sucrières a permis de produire plus de 230 000 tonnes de sucre en 2015, soit 15 000 tonnes de plus qu'en 2013, alors même que le rendement par hectare était plus bas (670 décitonnes en 2015, contre 685 en 2013).

Teneur en sucre record des betteraves sucrières

Alors qu'on avait déploré des rendements relativement faibles pour les pommes en 2003, ces derniers ont été supérieurs à la moyenne en 2015, ce qui vaut également pour les poires. Quant aux rendements des cultures maraîchères, ils ont été variables en 2015. Ainsi, la récolte par hectare s'est révélée légèrement inférieure à la moyenne des années 2000–2014 pour le pois à battre, mais légèrement supérieure pour le chou-fleur. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'il existe généralement des possibilités d'irrigation pour le chou-fleur, mais que celles-ci sont beaucoup plus rares pour des légumes de transformation comme le pois à battre. En matière d'irrigation, les carottes sont à mi-chemin entre ces deux légumes. Le rendement de cette culture a été très faible au cours des trois dernières années, ce qui montre que, en plus de la sécheresse, d'autres facteurs jouent un rôle décisif. Un sol mouillé peut notamment réduire la qualité et compliquer la récolte.

Bons rendements des cultures fruitières et maraîchères

Pour le vin, la situation est similaire à celle de 2003. La quantité de raisin récoltée est l'une des plus faibles de ces dernières années. Elle s'inscrit nettement au-dessous de celle de l'année précédente. La densité mustimétrique moyenne et donc la teneur en sucre ont néanmoins été nettement supérieures à la moyenne pluriannuelle.

Petite vendange à teneur élevée en sucre

Mesures

Comme en 2003, la Confédération, les cantons et la branche ont pris différentes mesures pour atténuer les effets négatifs de la chaleur et de la sécheresse sur l'agriculture. La principale a consisté à remédier à la pénurie de fourrage. À la demande de l'Union suisse des paysans (USP), la protection douanière appliquée au maïs fourrager a été réduite (de 12 à 2 francs pour 100 kg) pendant la période du 15 septembre au 31 octobre, alors que, en 2003, l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) avait abaissé les taxes à l'importation frappant l'herbe et le maïs dès le début du mois d'août.

Assouplissement de la protection douanière pour les fourrages

En vertu de l'art. 106 de l'ordonnance sur les paiements directs, le canton peut renoncer à la réduction ou à la suppression des contributions si certaines conditions ne sont pas remplies pour des raisons de force majeure (p. ex. sécheresse). Des dérogations ont ainsi été octroyées sur demande et après examen des exploitations au cas par cas lorsque ces dernières ne présentaient plus un bilan de fumure équilibré en raison d'importants achats supplémentaires de fourrage ou de la prise en charge d'animaux en provenance d'exploitations touchées par la pénurie de fourrage, ou lorsque, dans le cadre du programme de production de lait et de viande basée sur les herbages, le manque de fourrage de pâture ou de fauche a dû être compensé par du fourrage de base. Il ne semble pas y avoir eu de dérogations supplémentaires, telles que celles accordées en 2003 (suppression de la date de fauche des surfaces à litière, pacage sur des surfaces herbagères extensives, diminution des effectifs normaux des exploitations d'estivage).

Dérogations ponctuelles aux prescriptions

Des prêts au titre d'aide aux exploitations ont été accordés en 2015 dans les cas de rigueur et en cas de problèmes de liquidités. En 2003, il avait fallu créer une base légale à cette fin, l'ordonnance sur la sécheresse. Depuis lors, la possibilité d'accorder de tels prêts a été intégrée de façon permanente dans l'ordonnance sur les mesures d'accompagnement social dans l'agriculture. En 2015, on a observé une augmentation des demandes par rapport aux années précédentes. Les 134 demandes déposées ne s'expliquent toutefois pas toutes par la sécheresse. On est donc nettement au-dessous des 250 requêtes de 2003.

Prêts au titre d'aide aux exploitations dans les cas de rigueur

Différentes mesures ont également été prises dans le domaine de la gestion des eaux (cf. 3.1).

3.3 Forêts

L'été 2015 a été marqué par de nombreux petits incendies de forêt, mais il n'y a pas eu de graves sinistres malgré la sévérité de la sécheresse, et les surfaces forestières détruites par le feu sont restées inférieures à la moyenne des années 1980–2014. D'importantes mesures de prévention des incendies de forêt ont été mises en place. Quant au nombre de foyers de bostryches typographes, il a sensiblement augmenté par rapport à 2014, surtout en plaine et dans le Jura. Il n'est toutefois pas encore possible de dire si l'on assistera à une prolifération massive de ce scolyte dans les années à venir. Enfin, les pins ont tout particulièrement souffert de la sécheresse et des attaques d'organismes nuisibles.

Contexte

Les longues périodes de sécheresse et de fortes chaleurs augmentent le risque d'incendie de forêt. Conjuguées à d'autres facteurs, la canicule et la sécheresse peuvent par ailleurs favoriser la prolifération d'organismes nuisibles.

Risques d'incendie de forêt et d'attaques de certains organismes nuisibles en cas de canicule et de sécheresse

L'été 2015 a été caractérisé par une forte évapotranspiration, si bien que la végétation a rapidement épuisé le «capital humidité» de la forêt. Ce sont les branches, les herbes et les feuilles mortes présentes à la surface du sol (litière) qui ont séché le plus vite, formant ainsi une importante quantité de matières inflammables. La sécheresse a ensuite atteint la couche d'humus et le reste du sol organique.

Augmentation des matières combustibles induite par l'accroissement de l'évapotranspiration

Les organismes nuisibles qui passent une partie de leur cycle de vie dans les écorces, le bois, les racines, les aiguilles ou les feuilles infestent de préférence les végétaux affaiblis ou mourants d'une espèce. Il n'est donc pas rare que les arbres qui souffrent de la sécheresse soient de surcroit victimes d'organismes nuisibles. Le degré de prolifération d'un organisme est souvent déterminé par une combinaison d'effets.

Préférence des organismes nuisibles pour les arbres affaiblis par la sécheresse

Incendies de forêt survenus pendant l'été 2015

Des incendies de faible étendue

Pas moins de 162 incendies de forêt ont été annoncés en 2015[22]. Ils ont touché une surface totale de 44,9 hectares (fig. 35) répartie entre treize cantons (Bâle-Campagne, Berne, Jura, Neuchâtel, Grisons, Lucerne, Obwald, St-Gall, Schaffhouse, Soleure, Tessin, Valais et Zurich). Il s'agissait de petits incendies d'une étendue moyenne de moins d'un hectare, dont l'origine se trouvait assez souvent à l'extérieur de la forêt. Il n'y a pas eu d'incendies de forêt comparables à ceux de Viège en 2011 ou de Loèche en 2003, alors même que l'état de la forêt offrait des conditions propices à la survenance de pareils événements. Les incendies de forêt de 2015 n'ont fait ni morts ni blessés, et ils n'ont pas non plus causé de dégâts importants aux bâtiments ou aux infrastructures. La surface touchée est inférieure à la moyenne 1980–2014.

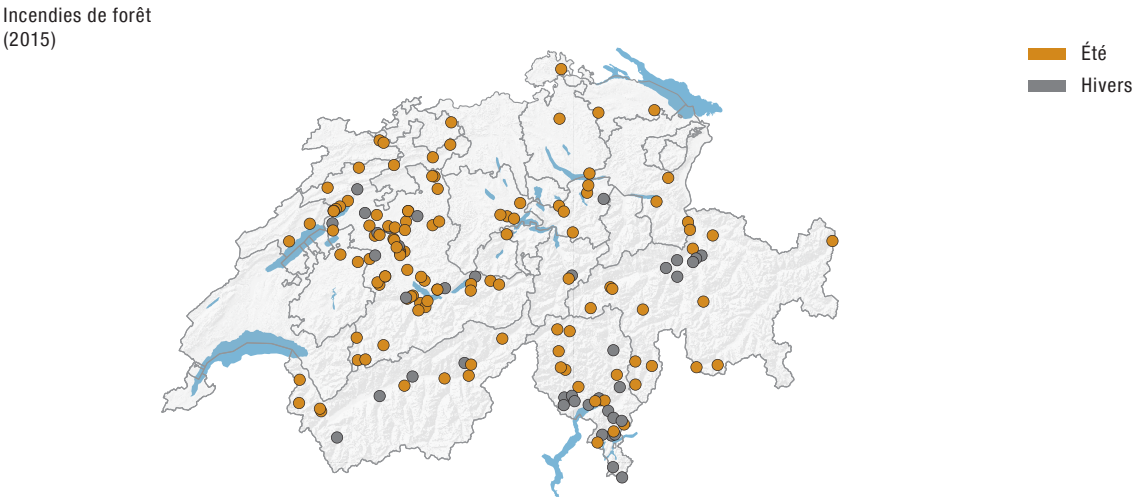
Concentration des incendies de forêt sur le semestre d'été en termes de nombre de sinistres mais pas de surface touchée

La plupart des incendies de forêt survenus en 2015 (59 %) se sont produits pendant le semestre d'été, entre début mai et fin octobre (fig. 36). Les incendies de forêt estivaux ne comptent toutefois que pour 19 % de la surface forestière détruite par le feu cette année-là (fig. 37). Le fait que cette proportion soit aussi faible est vraisemblablement lié aux efforts déployés par les cantons et la Confédération en matière d'information de la population ainsi qu'aux interdictions de faire du feu et à d'autres mesures adoptées au niveau cantonal (voir p.76 ss).

22 Entrées dans la banque de données suisse des incendies de forêt (Swissfire; www.wsl.ch/swissfire/); état: mai 2016

Fig. 35

Incendies de forêt survenus en Suisse durant l'été 2015 (de mai à octobre) et l'hiver 2015–2016 (de novembre à avril). État: mai 2016.



Source: Swissfire, banque de données suisse des incendies de forêt

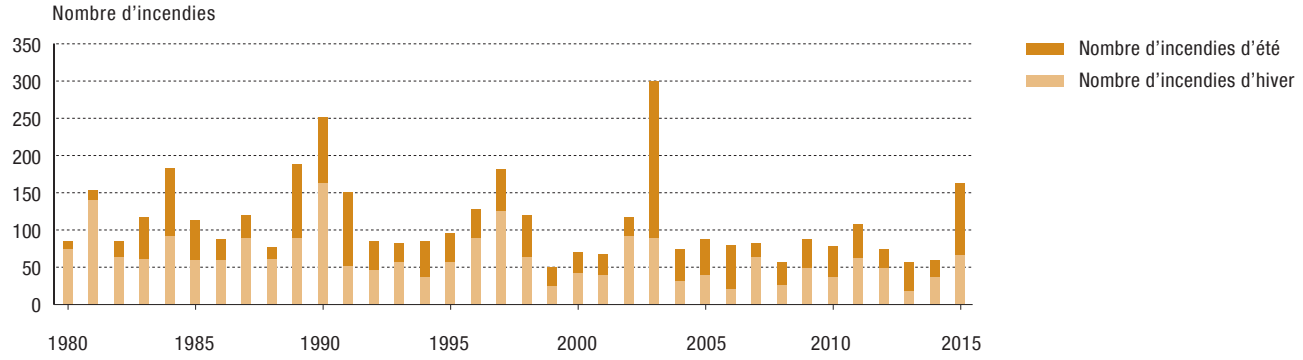
Dommages biotiques induits par la canicule de l'été 2015
(Meier et al. 2016a, Meier et al. 2016b)

Accroissement des infestations par le bostryche typographe

La canicule et la sécheresse de l'été 2015 ont été profitables au typographe (souvent appelé «bostryche» en langage populaire). Le nombre de foyers d'infestation a sensiblement augmenté, en particulier sur le Plateau et dans certaines parties du Jura, passant de 2600 en 2014 à 4250 en 2015. Les annonces d'infestations ont tout d'abord augmenté dans les cantons de Schaffhouse et de Zurich, puis le phénomène s'est étendu jusqu'à l'ouest de la Suisse en passant par le centre du Plateau. À cela s'ajoutent les populations qui se maintiennent dans certaines régions de montagne après avoir augmenté suite aux dégâts causés par les tempêtes et le poids de la neige en 2013 et en 2014. Ce sont surtout les peuplements d'épicéas sur sols à faible capacité de rétention

Fig. 36

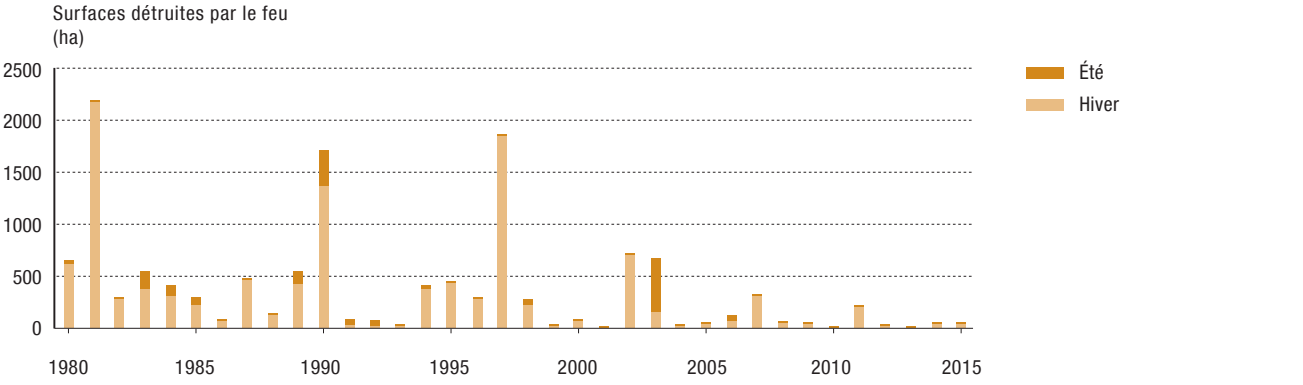
Nombre d'incendies de forêt par saison: été (de mai à octobre) et hiver (de novembre à avril).



Source: Swissfire, banque de données suisse des incendies de forêt

Fig. 37

Surfaces détruites par le feu selon la saison: été (de mai à octobre) et hiver (de novembre à avril).



Source: Swissfire, banque de données suisse des incendies de forêt

d'eau qui ont été touchés. En 2015, 230 000 mètres cubes d'épicéas, soit 40 % de plus que l'année précédente, ont été infestés par le typographe, si bien qu'ils ont dû être soumis à une exploitation forcée (fig. 38).

Propagation de la chenille processionnaire du pin dans le sud et le sud-ouest de la Suisse

L'intensité de l'infestation par la processionnaire du pin a augmenté en 2015 dans le sud et le sud-ouest de la Suisse: on voit de plus en plus souvent les nids blancs, comme tissés en fils de soie, de la chenille de ce papillon dans les couronnes des pins. En Suisse, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays d'Europe, il n'a toutefois pas été observé de propagation des populations vers le nord sous l'effet de la chaleur.

Présence, par endroits massive, de la tenthrède Pachynematus montanus

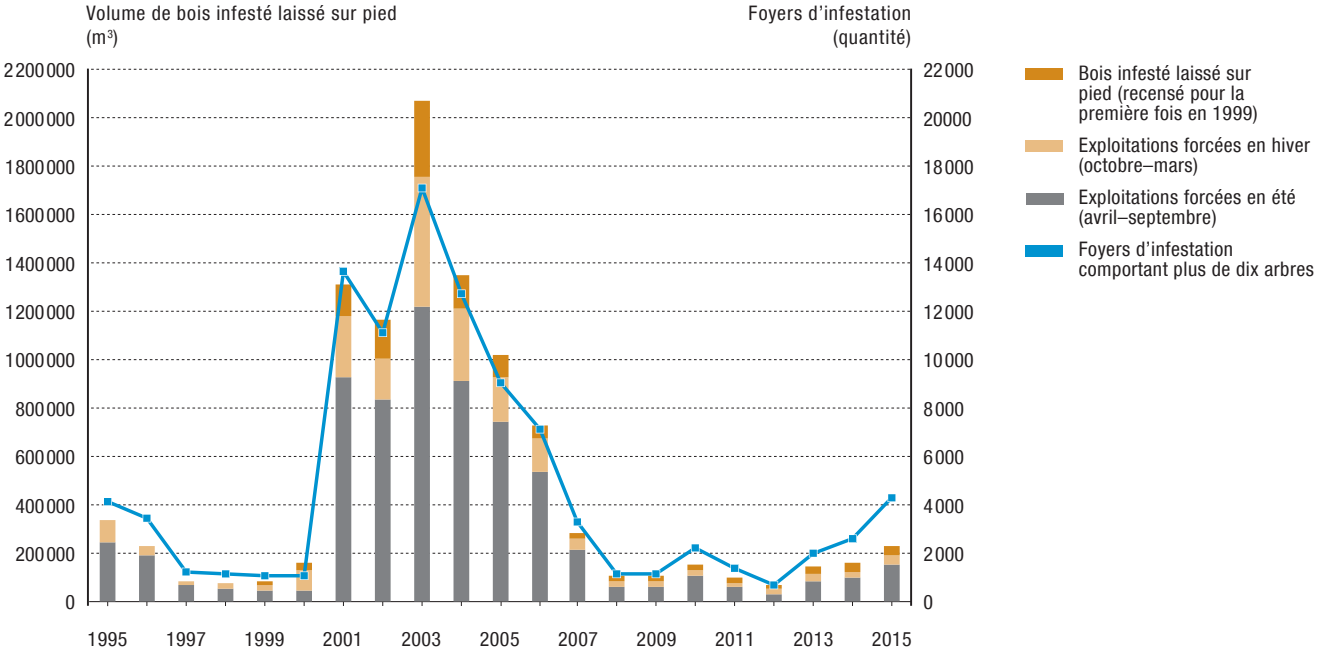
À l'échelon local, on observe des concentrations étonnamment élevées d'une tentrède dévoreuse d'aiguilles d'épicéa, Pachynematus montanus. Dans la région de Viège-Visperterminen, les larves de cet insecte ont provoqué d'importants dégâts de défoliation sur les épicéas, surtout en dehors des forêts. Après avoir mené une existence très discrète durant des décennies, cette tenthrède semble maintenant proliférer massivement dans plusieurs pays alpins sous l'effet du réchauffement climatique.

Sécheresse et canicule: pas d'effet multiplicateur sur la pyrale du buis

Les populations de pyrale du buis, une espèce de papillon en provenance d'Asie orientale, n'ont pas augmenté de façon excessive en dépit des fortes chaleurs de l'été 2015. Seuls les buis présents dans les jardins ont occasionnellement été victimes de la vora-

Fig. 38

Exploitations forcées et volume de bois infesté laissé sur pied en mètres cube (échelle de gauche), et nombre de foyers d'infestation par le typographe (échelle de droite) pendant la période allant de 1995 à 2015.



Source: Protection de la forêt suisse, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

cité de la chenille. Cette dernière s'est également installée dans de nombreux peuplements naturels de buis, où elle semble toutefois être tenue en échec par ses ennemis naturels. Comme cela avait déjà été le cas en 2014, il n'y a pas eu d'infestation massive avec une défoliation complète.

Mort de certains peuplements de pins noirs dans l'ouest de la Suisse

La canicule et la sécheresse de l'été 2015 ont fortement pesé sur les peuplements de pins noirs implantés sur des stations sèches. Plusieurs annonces en provenance de l'ouest de la Suisse ont fait état de la mort de peuplements entiers situés en terrain plat et calcaire. Il est possible que ce phénomène ne soit pas uniquement imputable au stress hydrique: le pin noir, espèce d'origine méditerranéenne, est considéré comme très résistant à la chaleur. On a détecté dans de nombreux cas la présence du Sphaeropsis (Sphaeropsis sapinea), agent pathogène du dépérissement des pousses du pin, une maladie fongique particulièrement redoutée dans les régions chaudes de l'hémisphère sud (fig. 39). Il est intéressant de constater que les pins sylvestres indigènes sont pour la plupart restés en bonne santé, même lorsqu'ils étaient implantés sur des stations sèches.

Début précoce de la chute physiologique des aiguilles chez le pin

Du fait de la sécheresse longue et intense qui a marqué l'été 2015, la chute physiologique des aiguilles du pin a débuté dès le mois de juillet dans la quasi-totalité du pays. Ce phénomène se traduit par le brunissement des aiguilles, qui finissent par tomber, un peu comme les feuilles à l'automne. La chute physiologique des aiguilles a commencé plus tôt qu'à l'accoutumée et elle a été plus marquée que les autres années.

Fig. 39

Dépérissement des pousses du pin dû au Sphaeropsis *dans la région de Neuchâtel.*

Photo: Protection de la forêt suisse, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

Mesures

Édiction par les autorités d'interdictions de faire du feu en plein air sur une bonne partie du territoire

À l'été 2015, la persistance de la canicule et de la sécheresse ont vite amené les autorités cantonales à prendre des mesures pour protéger la forêt. Celles-ci ont avant tout consisté à limiter les possibilités de faire du feu en plein air, surtout pendant les vacances d'été et la Fête nationale. À partir du mois de juillet, la plupart des cantons ont édicté des interdictions de faire du feu en forêt et à proximité de la forêt ou en plein air.

Collaboration intensive entre la Confédération et les cantons

Depuis le printemps 2015, un outil en ligne assure la transmission informatisée, entre les cantons et la Confédération, des informations sur les incendies de forêt. Il permet une visualisation efficace et simple de l'ensemble des dangers et des mesures prises. Les cantons sont chargés d'évaluer le danger d'incendie de forêt et de transmettre en continu cette information à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Depuis l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur l'alerte et l'alarme[23], la Confédération et les cantons informent la population en permanence. La collaboration entre la Confédération et les services spécialisés des cantons est à la fois intense et excellente.

Informations sur les risques d'incendie de forêt à partir de la mi-juin, interdictions de faire du feu à partir de juillet

À partir de la mi-juin, tant la Confédération que les cantons ont mis en garde la population contre l'aggravation du danger d'incendie. Ces mises en garde et la limitation des possibilités de faire du feu se sont prolongées pendant plusieurs semaines. Seule la partie nord-orientale de la Suisse (cantons de Zurich, de Thurgovie, de Schaffhouse, de St-Gall et les deux Appenzell) a échappé à toute interdiction durant l'ensemble de cette période. Les autorités de cette région n'ont cependant pas manqué de demander à la population de faire preuve de prudence en allumant un feu en plein air. Au cours de la première semaine de juillet, les deux Bâle ont promulgué des interdictions de

23 AV, SR 520.12

Tab. 5

Été 2015: interdictions de faire du feu en forêt ou en plein air.

Canton	Dates		Durée (en jours)	Canton	Dates		Durée (en jours)
	du	au			du	au	
AG	16.07.	19.08.	35	NW	17.07.	17.08.	32
BE	23.07.	4.08.	13	OW	16.07.	17.08.	33
BS/BL	7.07.	28.08.	53	SO	9.07.	19.08.	42
FR	17.07.	13.08.	28	SZ	17.07.	17.08.	32
GL	17.07.	14.08.	29	TI	14.07.	14.08.	32
GR	14.07.	18.08.	36	UR	17.07.	17.08.	32
JU	15.07.	5.08.	22	VD	8.07.	11.08.	35
LU	16.07.	17.08.	33	VS	9.07.	18.08.	41
NE	14.07.	12.08.	30	ZG	16.07.	18.08.	34

Source: OFEV

faire du feu. Plusieurs cantons ont suivi peu après (Argovie, Fribourg, Grisons, Jura, Lucerne, Neuchâtel, Nidwald, Obwald, Schwyz, Soleure, Tessin, Uri, Valais, Vaud et Zoug). Enfin, les cantons de Genève et de Berne ont eux aussi édicté des interdictions de faire du feu et des règlementations spéciales pour le 1er août (tab. 5).

Risque d'incendie de forêt: prise de conscience croissante au sein de la population

Depuis quelques années, la population reçoit de plus en plus d'informations sur le danger d'incendie et ce thème est davantage présent dans les médias. Un site Internet créé par l'OFEV, www.danger-incendie-foret.ch, offre une vue d'ensemble des dangers d'incendie de forêt en Suisse et des mesures des cantons. Pendant l'été 2015, il a enregistré jusqu'à 300 000 consultations de page par jour.

L'ampleur des dommages subis par la forêt encore impossible à estimer

L'ampleur des dommages subis par la forêt du fait de la canicule de l'été 2015 n'apparaîtra clairement qu'en 2016. De même, il ne sera possible de classifier l'impact de l'été 2015 en termes de dommages forestiers que dans les prochaines années. Les conséquences de l'effet combiné des conditions météorologiques et des attaques d'organismes nuisibles, en particulier, n'apparaîtront que de manière différée.

Nécessité de renforcer l'attention accordée aux régions infestées par le typographe

La question de savoir si la présence accrue du typographe observée dans certains cantons se transformera en une infestation massive d'ampleur suprarégionale dépendra de l'évolution des conditions météorologiques en 2016 et des mesures prises sur le terrain. En cas de tempête ou de sécheresse et de canicule pendant la période de végétation, il faut s'attendre à une expansion massive du typographe dans une bonne partie de la Suisse.

3.4 Biodiversité

La sécheresse et la canicule de l'été 2015 ont eu des conséquences manifestes sur un grand nombre d'espèces et de milieux naturels, conséquences qui devraient toutefois s'estomper pour autant que des conditions météorologiques aussi extrêmes ne se reproduisent pas immédiatement. De manière générale, les espèces adaptées aux milieux humides ont été fortement touchées par la canicule de l'été 2015, alors que les espèces tolérantes à la chaleur s'en sont mieux tirées. Les cantons ont pris des mesures ponctuelles pour atténuer les impacts de la canicule sur la biodiversité, se fondant dans de nombreux cas sur l'expérience acquise en 2003.

Contexte

Les événements extrêmes agissent sur l'adaptation à long terme aux changements climatiques

La vie et la propagation des animaux, des végétaux et des champignons dépendent du climat. Si le climat se modifie, il faut s'attendre à ce que les milieux naturels et les espèces qui les peuplent s'adaptent aux changements intervenus. Les adaptations induites par les changements climatiques ne peuvent toutefois être mises en évidence que par de longues séries d'observations (Vittoz 2011, OFEV 2010, 2012, 2013). Les événements extrêmes agissent eux aussi sur les processus d'adaptation. Leur puissance et leur fréquence ont des effets sur la vitesse des changements à long terme.

Pour obtenir de premières réponses à la question de savoir si l'été sec et caniculaire de 2015 constitue un tel événement, une enquête a été menée auprès des services spécialisés des cantons, de centres de données nationaux[24] et d'autres experts. 30 des acteurs contactés ont fait part de leurs observations. Cette enquête a permis de dresser un premier état des lieux des impacts de l'été 2015, même si ses conséquences à long terme sur la biodiversité n'apparaîtront que dans quelques années.

Établissement d'un premier état des lieux par consultation d'experts

Impacts de la canicule et de la sécheresse de l'été 2015

La sécheresse a provoqué une importante baisse du niveau des eaux dans de vastes régions du Plateau, et nombre de petits cours d'eau ou tronçons de ruisseau se sont presque entièrement asséchés (cf. 2.2). Il s'en est suivi une forte réduction – allant jusqu'à la disparition temporaire dans certains tronçons – de l'habitat de divers organismes aquatiques. Une telle disparition a par exemple été observée dans le cas des eaux utilisées pour le frai et la croissance larvaire de différentes espèces de libellules ainsi que d'amphibiens frayant tardivement comme la salamandre et le crapaud calamite. Dans certains cours et plans d'eau, le nombre très élevé d'écrevisses à pattes blanches retrouvées mortes montre clairement que cette population a été fortement touchée. Lorsque leur habitat s'assèche, des plantes aquatiques comme l'aldrovande à vessies forment rapidement des organes de résistance spécifiques appelés turions. Il faut toutefois attendre l'année suivante pour savoir si cette stratégie leur a permis de survivre. À l'échelon local, il faut s'attendre à une forte diminution du nénuphar nain, car les petits plans d'eau dans lesquels on le rencontre se sont presque tous asséchés en été 2015.

Pertes d'habitat dans les petits cours d'eau

Le niveau de nombreux lacs a beaucoup baissé en été 2015 (cf. 2.2), ce qui a été bénéfique à une plante rare comme le myosotis de Rehsteiner et à d'autres espèces entrant dans la composition d'associations littorales.

Le bas niveau des lacs est bénéfique pour certaines espèces

La sécheresse extrême ne s'est pas limitée à l'été, mais s'est prolongée pendant une bonne partie de l'automne, voire jusqu'en décembre. La disparition de frayères appropriées a entravé la reproduction de la truite lacustre et de la truite fario.

Dégradation des sites de reproduction des poissons en raison de la persistance de la sécheresse jusqu'en automne

Les marais, les prairies humides et autres milieux naturels humides ont été fortement touchés par la sécheresse de l'été 2015. C'est ainsi que des espèces de jonchaies naines comme le mouron nain ou le souchet jaunâtre ne se sont développées que de façon chétive, voire pas du tout. La dernière population de fadets des tourbières (un papillon) connue sur le Plateau s'est réduite en raison de l'assèchement du bas-marais qui constitue son habitat.

Les milieux naturels humides fortement touchés

24 Membres de la Conférence des délégués à la protection de la nature et du paysage (CDPNP), membres de la Conférence des services de la faune, de la chasse et de la pêche (CSF), Centre national de données et d'informations sur les lichens suisses (SwissLichens), Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF), Atlas de répartition des champignons de Suisse (SwissFungi), Centre de Coordination pour la Protection des Amphibiens et des Reptiles de Suisse (karch), Centre de coordination pour l'étude et la protection des chauves-souris, Centre national de données et d'information sur la flore de Suisse (info flora), Station ornithologique suisse.

Pour les mousses, un seul été difficile ne constitue pas un problème

Les mousses ont besoin d'humidité, peu importe que celle-ci provienne du sol ou de l'air. Elles ont donc souffert des conditions météorologiques de l'été 2015, surtout dans les champs, où, contrairement à l'année précédente, elles ont eu beaucoup de mal à se développer. Ce fut le cas notamment d'une espèce rare, Tayloria rudolphiana. Comme les mousses résistent aux périodes difficiles grâce à leurs spores, une seule année de sécheresse ne constitue pas un obstacle insurmontable. Mais si plusieurs années difficiles se suivent, il faut s'attendre à des conséquences négatives à long terme.

Pas de conséquences négatives sur les lichens

Contrairement aux mousses, les lichens résistent très bien à la sécheresse et à la canicule. En tant qu'organismes à humidité variable, ils sèchent en quelques minutes lors des phases de faible humidité de l'air et deviennent inactifs. Lorsqu'il pleut, qu'il y a du brouillard, de la rosée ou que l'humidité de l'air augmente pour une quelconque autre raison, la photosynthèse reprend. On n'a d'ailleurs pas constaté d'effets néfastes de la canicule ou de la sécheresse sur les lichens, que ce soit en été 2003 ou en été 2015.

Assèchement de la végétation dans les stations sèches

Pendant les mois d'été de l'année 2015, la végétation des stations sèches à sol peu profond s'est parfois desséchée complètement. Dans le canton de Zurich, la porcelle tachetée a par exemple été fortement touchée par ce phénomène.

Décoloration automnale précoce des feuilles, absence quasi-totale de champignons et points d'eau asséchés dans les forêts

Dans les forêts, les feuilles des arbres se sont décolorées dès la fin de l'été sur les stations sèches et exposées, et il a poussé extrêmement peu de champignons. Même les précipitations d'août n'ont pas pu y changer grand-chose. Toujours dans les forêts, de petits ruisseaux et de nombreuses zones humides se sont asséchés, si bien que de nombreux points d'eau et souilles utilisés par le gibier ont disparu. Dans le canton de Schaffhouse, on a observé que le sanglier, à la recherche de solutions de rechange, est allé se rafraîchir dans les vignes, où il a provoqué des dégâts.

Un été propice aux espèces à reproduction précoce

L'humidité qui s'est prolongée jusqu'en juin a été bénéfique aux espèces qui se reproduisent tôt dans l'année. C'est ainsi que la population de sympétrum à corps déprimé a fortement augmenté. Les espèces végétales à floraison précoce des stations sèches, comme la tulipe sauvage, la potentille blanche, le thésium rostré ou certaines espèces de gagées n'ont guère été affectées par la canicule et la sécheresse. Il est même possible que l'affaiblissement des plantes concurrentes à croissance plus tardive leur ait été bénéfique.

Effets néfastes sur les plantes à floraison tardive

Nombre d'orchidées telles que les ophrys et d'autres espèces à floraison tardive n'ont pas pu développer entièrement leur inflorescence en raison de l'arrivée de la sécheresse et leurs parties aériennes ont séché avant l'heure. Certaines espèces d'orobanches se sont faites moins fréquentes que les autres années.

Des gagnants et des perdants chez les reptiles

Certains reptiles ont un succès reproducteur accru les années où l'été est chaud. Il existe ainsi des indices montrant que le lézard des murailles produit une ponte de plus en pareil cas. De manière générale, cette espèce est en progression en Suisse. Il est jugé probable qu'elle constituera une source de concurrence supplémentaire pour d'autres lézards indigènes comme le lézard des souches et que celui-ci risque ainsi de voir ses effectifs diminuer.

Du fait de la sécheresse, il n'a plus guère poussé de masse végétale dans les prairies après la première fauche, si bien que les fleurs nectarifères et la nourriture pour les chenilles se sont raréfiées. Par la suite, la deuxième génération de papillons diurnes est restée peu nombreuse, n'atteignant parfois pas sa taille normale. Ce fut notamment le cas de l'argus bleu. De manière générale, on n'a pratiquement pas observé d'activité chez les insectes durant les heures les plus chaudes de la journée (entre 14 et 16 heures) pendant l'été 2015.

Pratiquement plus de fleurs nectarifères ni de nourriture pour les chenilles après la première fauche

L'assèchement rapide qui a suivi les précipitations et l'humidité stagnante du printemps 2015 a affaibli de nombreuses espèces. Ainsi, la plupart des graines de mouron nain n'ont germé que tardivement en raison de l'humidité. La sécheresse qui a suivi a eu pour effet d'assécher les plantes avant la maturité des nouvelles graines. L'effet conjugué de l'humidité stagnante du printemps et de la canicule de l'été a provoqué la disparition presque totale d'une espèce rare de papillons, l'azuré des paluds, en de nombreux endroits où elle était en principe bien établie. Du fait des niveaux d'eau élevés du printemps, de nombreux nichoirs de mouettes rieuses, de sternes pierregarin et d'autres espèces d'oiseaux nichant à proximité de plans d'eau ont été inondés, si bien que la nidification a été retardée. Nés tardivement, les oisillons ont ensuite été exposés à la canicule des mois d'été, ce qui a réduit leurs chances d'atteindre l'âge adulte.

De nombreuses espèces affaiblies par le passage brutal de l'humidité à la sécheresse

Au plus fort de la canicule, les nichoirs du martinet noir ont tellement chauffé que les oisillons, déshydratés, ont dû quitter leurs nids, ce qui est pour eux synonyme de mort certaine si l'on ne les trouve pas rapidement. En 2015, un nombre inhabituellement élevé de martinets noirs ont été confiés à des stations de soins pour oiseaux (fig. 40).

Trop chaud pour le martinet noir

L'impact des conditions météorologiques sur les différentes espèces de chauves-souris dépend de la période durant laquelle elles élèvent leurs souriceaux. Si le temps plutôt frais et pluvieux des mois de mai et de juin a augmenté la mortalité des jeunes chez le grand murin, la population de grand rhinolophe, une espèce qui met bas en juillet, n'a jamais été aussi importante qu'en 2015. On a par ailleurs constaté que certaines chauves-souris changeaient de gîte.

La réaction des chauves-souris aux conditions météorologiques dépend de la période d'élevage des souriceaux

La température des eaux a fortement augmenté en 2015, atteignant dans certains cas 30 °C et plus (cf. 2.2). Pareilles températures représentent un danger mortel pour des espèces comme la truite ou l'ombre. Les températures élevées favorisent l'apparition chez les poissons de maladies telles que la saprolégniose ou la maladie rénale proliférative (MRP). En été 2015, les conditions d'apparition de la MRP ont été réunies plus longtemps et dans un plus grand nombre de cours et de plans d'eau qu'à l'accoutumée. De plus, la limite à partir de laquelle les poissons sont susceptibles d'être infectés s'est déplacée vers l'amont, là où les eaux sont normalement plus fraîches.

Températures critiques pour les poissons et risque accru de maladies

De manière générale, les niveaux d'eau élevés présents jusqu'en juin ont atténué les impacts (négatifs) de la période de sécheresse subséquente. Si les niveaux d'eau avaient été plus bas avant la période de sécheresse, les impacts auraient vraisemblablement été encore plus graves.

Mesures en faveur de la biodiversité

Sur les 24 services cantonaux qui ont fait part de leurs observations concernant les impacts de la canicule et de la sécheresse de l'été 2015 sur les espèces ou les milieux naturels (cf. note de bas 24), 19 ont indiqué avoir pris des mesures visant à maîtriser ces impacts. À cet effet, l'expérience acquise lors de l'été 2003 a été prise en compte dans la plupart des cas (chez 84 % des répondants), et ces derniers estiment majoritairement (à 56 %) que les mesures mises en œuvre ont contribué à ce que les impacts de la canicule et de la sécheresse de l'été 2015 soient mieux maîtrisés.

Mesures les plus fréquentes: interdictions de faire du feu et pêches de sauvetage

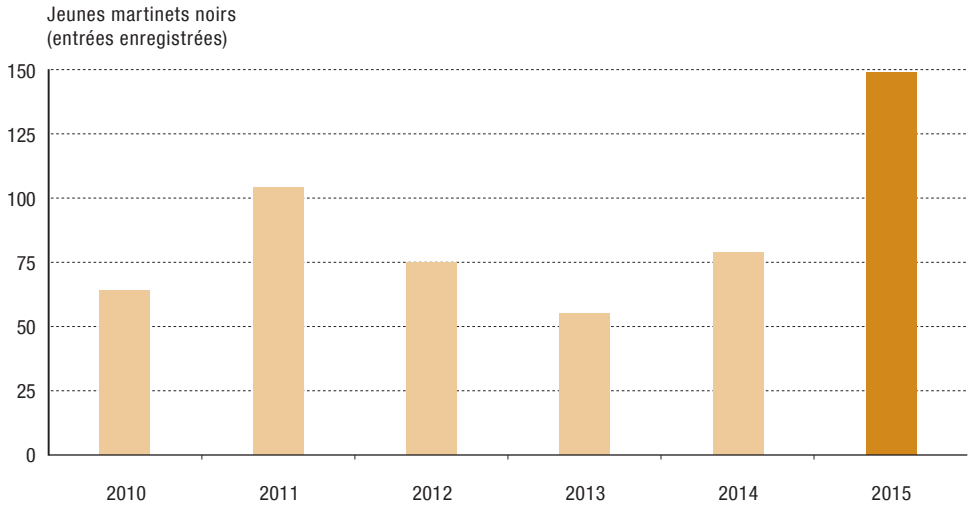
Outre l'interdiction générale de faire du feu en plein air, la mesure la plus fréquemment citée est la pêche de sauvetage, qui a permis de retirer des poissons de tronçons de cours d'eau en voie d'assèchement pour les placer dans des tronçons ayant des débits suffisants. De tels déplacements entraînent un stress pour les poissons, en raison d'une part de la méthode utilisée (pêche électrique) et d'autre part de la densité de peuplement accru du cours d'eau récepteur. La pêche de sauvetage est donc une mesure qui ne fait pas l'unanimité et l'on y renonce dans certains cas.

Régulation des niveaux d'eau et entretien de surfaces dont le sous-sol est gorgé d'eau

Dans certaines situations, les responsables ont essayé de réguler les niveaux d'eau au moyen de retenues, par exemple pour protéger la déesse précieuse des effets de la sécheresse estivale. Ponctuellement, on a recouru à des bornes hydrantes pour assurer cette régulation. Les observations faites durant l'été 2015 ont montré que les petits plans d'eau aménagés artificiellement au moyen de bâches retiennent l'eau plus longtemps que les bassins naturels. L'assèchement périodique des zones de frai des amphi-

Fig. 40

Nombre de jeunes martinets noirs réceptionnés à la station de soins de La Vaux-Lierre depuis 2010.



Source: Station ornithologique suisse

biens peut toutefois être souhaitable dans certains cas, car il permet de favoriser des espèces pionnières et de repousser des prédateurs des pontes tels que les poissons. La sécheresse peut par ailleurs faciliter l'entretien des surfaces et des eaux de zones dont le sous-sol est habituellement gorgé d'eau.

Enseignements tirés de la canicule de l'été 2003

Grâce à l'expérience acquise en 2003 (cf. OFEFP et al. 2004), les cours d'eau, tronçons de cours d'eau et plan d'eau risquant de s'assécher sont souvent connus, si bien qu'ils ont pu être placés sous surveillance à un stade précoce en 2015. Par ailleurs, différentes stratégies tiennent compte de l'expérience acquise en 2003.

Plan de sauvegarde de l'ombre du Rhin

Après la disparition des 90 % de la population d'ombres du Rhin en été 2003, le canton de Schaffhouse a élaboré un plan d'urgence pour la sauvegarde de cette espèce. Ce plan prévoit d'améliorer les connexions entre le Rhin et ses petits affluents, plus frais, par des mesures temporaires d'aménagement fluvial lorsque les eaux atteignent une température élevée. C'est ainsi que des dépressions ont été créées dans la zone d'embouchure de ces affluents afin que de l'eau fraîche puisse s'y accumuler. Grâce à ces mesures, la population d'ombres a survécu à l'été 2015.

Gestion coordonnée de l'irrigation des terres agricoles

Le plan «TroSec», appliqué par le canton de Berne pendant l'été 2015 pour faire en sorte que l'irrigation des terres agricoles puisse être assurée dans le respect des débits résiduels prescrits, remonte lui aussi à la canicule de 2003. Dans le canton d'Argovie, les prélèvements d'eau ont été stoppés, ou plus précisément suspendus, sur la base d'un plan adopté en octobre 2004. On utilise pour ce faire une carte électronique[25] qui donne une vue d'ensemble de toutes les eaux où les prélèvements sont interdits. Dans le canton des Grisons, après l'augmentation des demandes de prélèvements extraordinaires déposées par le secteur agricole en été 2003, les autorités responsables de l'agriculture, de l'environnement et de la pêche ont élaboré une procédure coordonnée pour informer et conseiller de façon compétente et uniforme les communes, les agriculteurs et les médias. Le canton s'est appuyé sur cette stratégie pendant l'été 2015, ce qui a contribué à éviter les difficultés d'approvisionnement en eau.

Collaboration améliorée

Dans les cantons de Bâle-Campagne et de Bâle-Ville, un état-major de crise s'est réuni en 2015 pour gérer les situations particulières ou extraordinaires en se fondant sur la répartition des tâches, entre-temps clarifiée, entre le canton et les communes. Après l'expérience de l'été 2003, le canton de Thurgovie veille à ce que le dialogue entre la surveillance de la pêche, les communes et les centrales hydrauliques soit engagé à un stade précoce afin que des accords puissent être conclus rapidement et que les temps de réaction soient raccourcis en cas de recours à l'eau de bornes hydrantes. Le canton de Soleure met quant à lui en œuvre des stratégies plus performantes et plus contraignantes que par le passé pour l'utilisation d'eau par l'agriculture. Ces stratégies, qui ont été élaborées par l'office cantonal de l'environnement, ont fait leurs preuves en 2011 déjà, sans toutefois éradiquer complètement les prélèvements d'eau illicites. Quant au plan de mesures du service de la pêche soleurois, il n'a pas changé par rapport à 2003 et reste considéré comme adéquat. Enfin, le canton de Zoug n'a pas attendu l'été 2003 pour introduire des mesures de promotion des peuplements adaptés à la station, ce qui

25 AGIS, www.ag.ch/app/hydrometrie/liste/

contribue à réduire le stress hydrique. Une bonne collaboration entre la surveillance de la pêche et les associations de pêcheurs a en outre contribué à la maîtrise des défis de l'été 2015. Dans le canton d'Obwald, il existe une liste de personnes susceptibles de fournir de l'aide en cas de pêche de sauvetage. En période de vacances, le personnel n'a toutefois pas toujours été suffisant pour apprécier les situations qui se présentaient.

Nécessité d'accorder une attention accrue aux espèces exotiques envahissantes

Les espèces exotiques envahissantes se répandent souvent après les événements extrêmes avec un certain décalage dans le temps, comme le montre l'expérience tirée de précédents étés caniculaires. Ainsi, la vergerette annuelle ne s'est répandue que lors des années qui ont suivi la canicule de l'été 2003, s'installant dans les discontinuités des prairies. D'où la nécessité d'accorder une attention particulière en 2016 à la présence d'espèces exotiques envahissantes comme la vergerette annuelle ou le solidage. La sécheresse complique la lutte contre les néophytes envahissantes, car le sol est si dur et sec que l'on n'arrive plus à arracher les racines. D'autres espèces exotiques envahissantes, telle la tortue de Floride, sont également susceptibles de profiter des étés caniculaires. On sait que cette espèce venue d'Amérique a souvent été abandonnée dans des étangs, où elle porte atteinte à la biodiversité. On admettait jusqu'à présent que malgré son espérance de vie de plusieurs décennies cette tortue ne peut pas se reproduire en liberté dans les conditions climatiques propres à la Suisse. Cette situation pourrait toutefois changer si la température de l'eau s'établit à plus de 27 °C pendant deux à trois mois.

3.5 Qualité de l'air

En été 2015, on a mesuré en Suisse des concentrations d'ozone nettement supérieures aux valeurs limites, mais toutefois plus faibles qu'à l'été 2003, ce qui s'explique avant tout par la durée plus courte des périodes de beau temps, mais aussi par le fait que, à conditions météorologiques égales, la quantité d'ozone qui se forme aujourd'hui est moins importante qu'il y a 20 ans. Ce progrès est dû à la limitation des gaz précurseurs.

Contexte

Différents effets sur l'homme et l'environnement

L'ozone est la composante principale du smog estival, mais il est également pour beaucoup dans d'autres changements environnementaux: dans la stratosphère (couche de l'atmosphère comprise entre 10 et 50 km d'altitude), ce gaz incolore à l'odeur légèrement piquante évite à la vie à la surface de la Terre d'être exposée à un rayonnement ultraviolet excessif. Tant dans la stratosphère que dans la troposphère (couche de l'atmosphère terrestre située immédiatement au-dessous de la stratosphère), l'ozone retient toutefois aussi le rayonnement thermique, se comportant ainsi comme un gaz à effet de serre. En été, l'ozone peut en outre affecter directement l'homme et l'environnement du fait de son agressivité et de sa toxicité.

L'ozone synonyme d'atteintes à la santé et à la production végétale

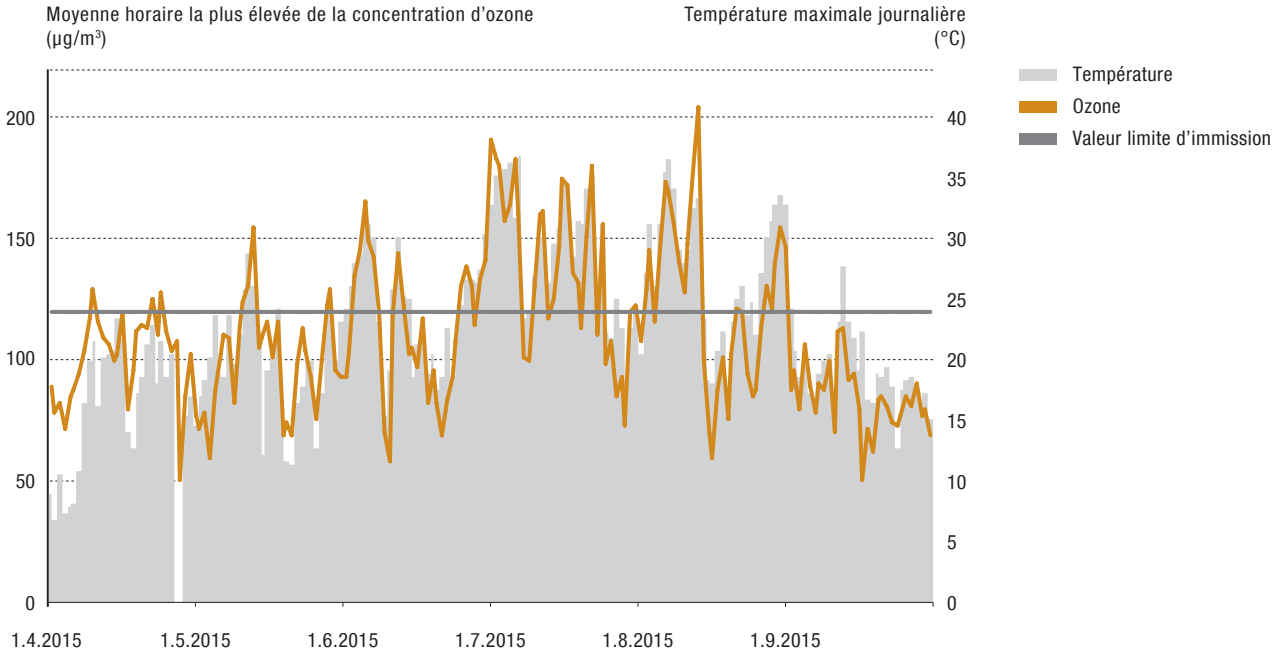
L'ozone est un des gaz les plus irritants qui soient. Chez l'homme, il attaque avant tout les voies respiratoires, pouvant entraîner des inflammations aiguës. L'ozone provoque une limitation de la fonction pulmonaire et entrave les performances physiques. Les hospitalisations et les décès prématurés augmentent pendant les périodes de fortes concentrations d'ozone. S'agissant des cultures agricoles, les concentrations d'ozone observées en Suisse peuvent entraîner des baisses de rendement de 5 à 15 % selon l'espèce végétale et la région.

Une substance formée à partir de dioxyde d'azote et de composés organiques volatils

Les jours de fort ensoleillement, de l'ozone se forme par une réaction chimique à laquelle participent le dioxyde d'azote et les composés organiques volatils (COV) dits gaz précurseurs. En l'absence de vent, la concentration d'ozone peut augmenter de jour en jour, tout comme la température augmente constamment durant les périodes de beau temps de plusieurs jours. Les concentrations de dioxyde d'azote que l'on mesure de nos jours sont en grande partie dues à l'activité humaine, tout comme la pollution par les COV.

Fig. 41

Moyenne horaire la plus élevée de la concentration d'ozone à la station de mesure NABEL de Dübendorf et température maximale journalière. L'ordonnance sur la protection de l'air n'autorise qu'un seul dépassement par an de la moyenne horaire de 120 microgrammes par mètre cube.



Source: OFEV

L'ozone durant l'été 2015

Dépassement des valeurs limites pendant les périodes de beau temps

Les deux périodes de beau temps intervenues en juillet et en août 2015 (cf. 2.1) sont clairement visibles sur la courbe d'évolution de la concentration d'ozone (fig. 41) mesurée à la station de Dübendorf, laquelle fait partie du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL, acronyme de Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe). Lorsque la température de l'air est élevée, la pollution par l'ozone atteint des niveaux nettement supérieurs à la valeur limite horaire fixée par l'ordonnance sur la protection de l'air[26]. Les autres mois de l'année, le rayonnement solaire est nettement plus faible, si bien que les concentrations d'ozone restent la plupart du temps inférieures à la valeur limite horaire.

Nombre de jours où la valeur limite a été dépassée en comparaison pluriannuelle

La valeur limite horaire applicable à l'ozone dépassée moins souvent en 2015 qu'en 2003

En 2015, la valeur limite horaire fixée pour l'ozone a été dépassée nettement plus souvent que l'année précédente, mais beaucoup plus rarement qu'en 2003 (fig. 42). La fréquence des dépassements dépend pour l'essentiel du nombre de jours de beau temps au cours du semestre d'été et de la durée des périodes de beau temps. Le nombre de dépassements comptabilisés sur une année reflète donc avant tout la pollution par l'ozone enregistrée pendant l'été.

Dépassements de la valeur limite horaire plus rares au nord des Alpes

Si l'on trace la droite qui représente le mieux l'évolution du nombre de jours où la valeur limite horaire a été dépassée au fil des ans (régression linéaire), on constate que ce nombre est passé de 78 jours en 1991 à 62 en 2015, ce qui correspond à une baisse de 8 à 23 jours selon les régions. La différence entre zones urbaines, suburbaines et rurales est minime au nord des Alpes. Le fort recul des émissions polluantes fait que, en zone urbaine, l'ozone n'est plus décomposé par le monoxyde d'azote en quantités aussi importantes qu'au cours des décennies précédentes.

Diminution moindre de la pollution par l'ozone au Tessin

La fréquence relativement élevée du beau temps (par rapport au nord des Alpes), l'étroitesse des vallées et la proximité de la Lombardie, région densément peuplée et très industrialisée, favorisent la formation d'ozone au Tessin. La concentration des gaz précurseurs y est si élevée que de grandes quantités d'ozone se forment pendant les périodes de beau temps à fort rayonnement solaire, entraînant un dépassement des valeurs limites horaires.

Les maxima en comparaison pluriannuelle

Le 98e percentile de la pollution par l'ozone plus bas en 2015 qu'en 2003

L'ordonnance sur la protection de l'air fixe non seulement les valeurs limites horaires à respecter en matière d'immissions (charge polluante) d'ozone, mais dispose aussi que le 98e percentile[27] des moyennes semi-horaires d'un mois ne doit pas dépasser 100 microgrammes par mètre cube. Ce paramètre décrit l'ampleur des concentrations d'ozone les plus élevées. Durant l'été 2015, le 98e percentile mensuel a certes été plus

26 OPair (RS 814.318.142.1)

27 Moyenne semi-horaire qui n'est dépassée que par les 2 % les plus élevés des moyennes semi-horaires du mois considéré.

élevé que les années précédentes, mais il est resté inférieur aux valeurs de 2003 et de toute une série d'autres années (fig. 43). Si l'on tire la droite qui représente le mieux l'évolution du 98e percentile mensuel le plus élevé pendant la période 1991–2015 (régression linéaire), on constate que, au cours des 25 années en question, la concentration d'ozone a diminué de 10 à 30 microgrammes par mètre cube selon les régions.

À conditions météorologiques égales, les concentrations maximales d'ozone ont diminué

Une estimation statistique simple montre que, à conditions météorologiques égales et à une température de 30 degrés, la concentration d'ozone a été de 10 à 15 microgrammes par mètre cube plus basse en 2015 qu'en 2003. Même lorsque les conditions météorologiques favorisent une production élevée d'ozone, la concentration d'ozone reste plus faible que par le passé en Suisse.

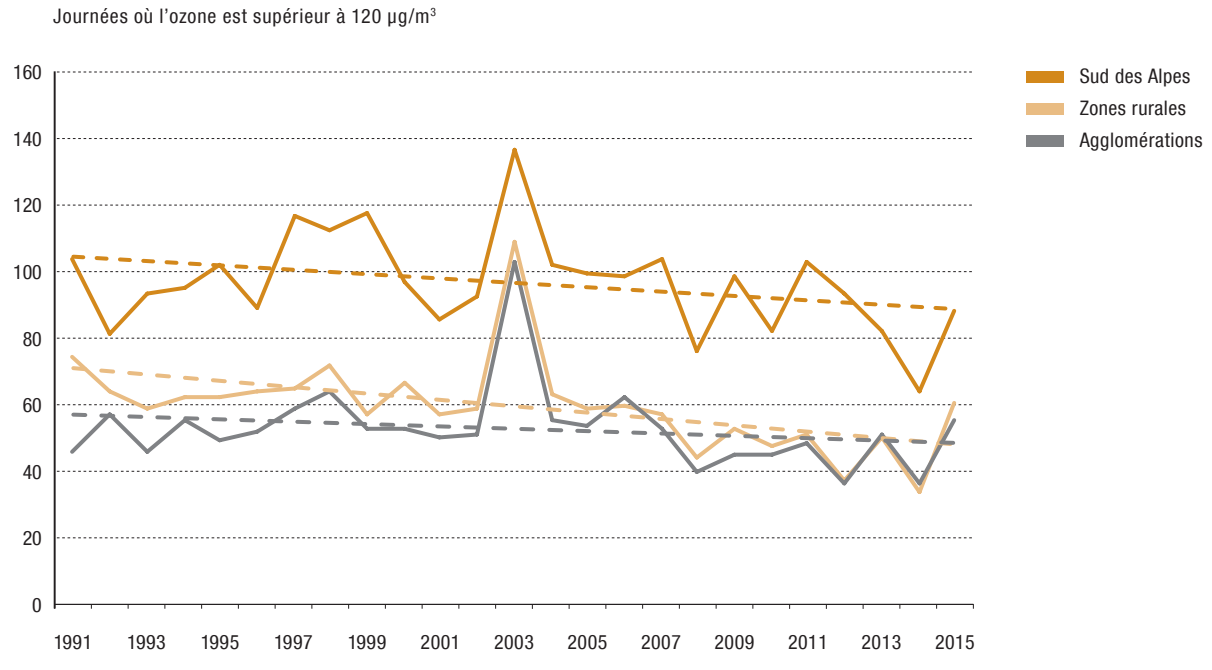
Mesures

Information par des sites Internet, des applis et le télétexte

Au travers de leurs sites Internet, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et les services cantonaux de l'environnement informent en permanence la population sur la pollution par l'ozone au moment considéré et donnent des recommandations sur

Fig. 42

Nombre de jours par an lors desquels la concentration d'ozone dépasse la valeur limite horaire de 120 microgrammes par mètre cube fixée par l'ordonnance sur la protection de l'air. Pointillés: régression linéaire. Moyennes des séries de mesures des stations NABEL suivantes: Magadino et Lugano (sud des Alpes), Payerne et Tänikon (zones rurales), Bâle-Binningen, Dübendorf et Zurich (agglomérations).



Source: OFEV

le comportement à adopter[28]. Les concentrations de polluants peuvent également être consultées en tout temps sur l'appli «airCHeck» pour smartphones et à la page 521 du télétexte. Lorsque la concentration est supérieure à une fois et demie la valeur limite horaire, des communiqués de presse renseignant sur le taux de pollution par l'ozone et la conduite à tenir sont envoyés aux médias. Cette procédure est axée sur le concept d'information 2005 de la Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP). Elle s'appuie sur le seuil d'information valable pour les pays de l'UE.

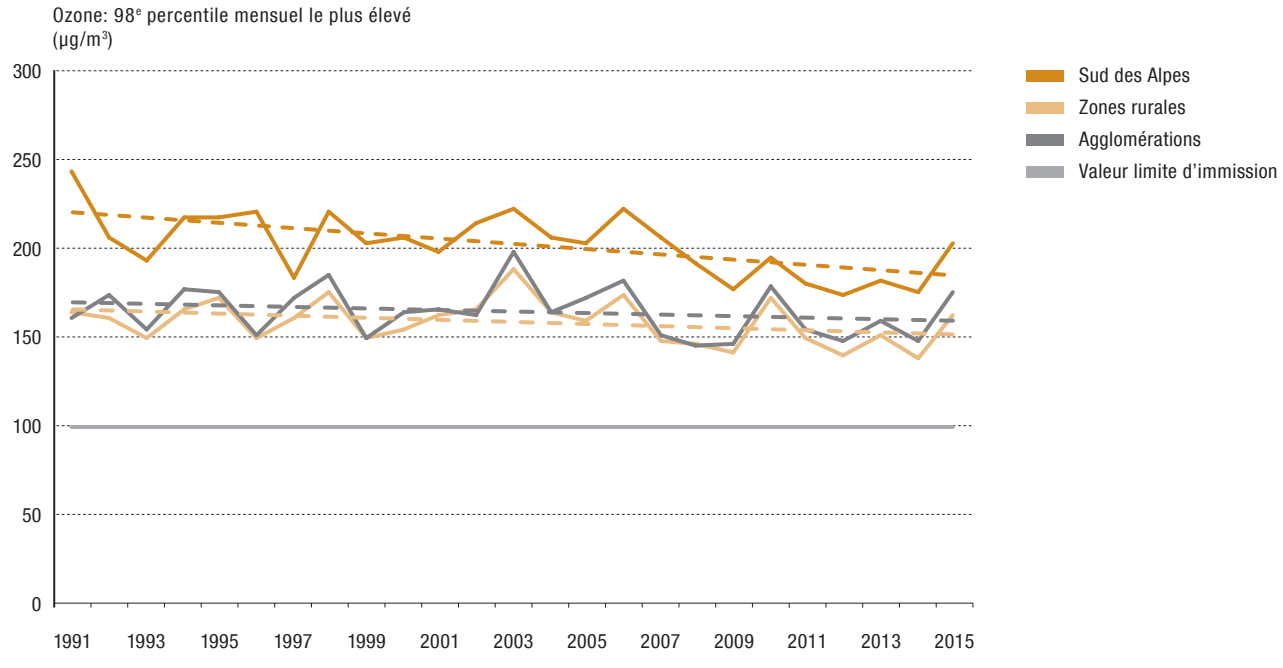
Limitation réussie des gaz précurseurs

La réduction de la pollution par l'ozone réalisée au cours des dernières décennies s'explique par la limitation des gaz précurseurs découlant de la politique suisse en matière de protection de l'air. Pour encore mieux prévenir la formation de concentrations élevées d'ozone, il faut continuer de réduire les émissions d'oxydes d'azote et de COV, méthane inclus. Cela vaut aussi bien pour la Suisse que pour l'étranger.

28 www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/aktuell/04393/index.html?lang=fr et http://cerclair.ch/fr/links/schweiz

Fig. 43

98e percentile mensuel le plus élevé de la moyenne semi-horaire de la concentration d'ozone en microgrammes par mètre cube. Pointillés: régression linéaire. Moyenne des séries de mesures des stations NABEL suivantes: Magadino et Lugano (sud des Alpes), Payerne et Tänikon (zones rurales), Bâle-Binningen, Dübendorf et Zurich (agglomérations).



Source: OFEV

3.6 Santé

Pendant la période allant de juin à août 2015, on a enregistré en Suisse 804 décès de plus que ce que l'on aurait attendu lors d'une année normale. Cette mortalité additionnelle de 5,4 % est imputable à la canicule. C'est au Tessin, dans le nord-ouest de la Suisse et dans l'Espace Mittelland que l'on a enregistré la surmortalité la plus élevée. Les personnes de plus de 75 ans constituaient la majorité des victimes. La mortalité additionnelle a été un peu plus basse en 2015 qu'en 2003. La Confédération et les cantons ont émis des mises en garde relatives aux impacts sanitaires de la canicule et informé la population du comportement à adopter. Dans différentes régions, les groupes de population particulièrement vulnérables se sont vu offrir un soutien supplémentaire.

Contexte

Canicule et surmortalité: une corrélation connue

C'est principalement en raison des maladies cardiovasculaires que la canicule élève le risque de mortalité. Une corrélation a été établie dans de nombreux pays d'Europe entre la canicule de l'été 2003 et la hausse parfois forte des décès. En Suisse, la mortalité a augmenté de 7 % en moyenne durant les mois de juin et d'août 2003 (Grize et al. 2005).

Des données portant sur sept grandes régions

La présente analyse des décès liés à la canicule de l'été 2015 repose sur les données de l'Office fédéral de la statistique (OFS) concernant les personnes domiciliées en Suisse. Les données suivantes sont disponibles pour tous les décès: date, âge, sexe et appartenance cantonale[29]. Le lien entre canicule et décès a été étudié pour sept grandes régions[30], auxquelles une station de mesure météorologique aussi représentative que possible a à chaque fois été associée.

La mortalité durant l'été 2015

Les hautes températures, synonyme de surmortalité

Les hausses marquées de la température de l'air enregistrées aux mois de juin, de juillet et d'août 2015 ont été accompagnées d'une augmentation du nombre de décès. Ce phénomène a été particulièrement frappant durant la phase de canicule de début juillet (fig. 44). La mortalité additionnelle, ou surmortalité, correspond à la différence entre les décès attendus et les décès observés. Les décès attendus découlent d'un modèle statistique prenant en compte, sur la base des données relatives à la mortalité des années 2005–2014, l'âge, le sexe, la région et le nombre d'habitants que compte cette dernière[31], de même que les fluctuations saisonnières normales et les éventuelles

29 Les informations sur la cause du décès selon la CIM-10 n'apportent pas d'éléments supplémentaires pertinents pour l'interprétation de la surmortalité.

30 «Nord-ouest de la Suisse» (AG, BL, BS): station de Bâle-Binningen; «Espace Mittelland» (BE, FR, JU, NE, SO): station de Berne-Zollikofen; «région lémanique» (GE, VS, VD): station de Genève-Cointrin; «Zurich» (ZH): station de Zurich-SMA; «Tessin» (TI): station de Lugano; «Suisse centrale» (LU, NW, OW, SZ, UR, ZG): station de Lucerne; «Suisse orientale» (AI, AR, GL, GR, SH, SG, TG): station de St-Gall.

31 Étant donné que, au moment où l'analyse a été faite, les chiffres relatifs à la population n'avaient pas encore été ventilés par âge, sexe et canton, on a multiplié les chiffres de 2014 par un facteur de 1,008 afin de tenir compte de la croissance moyenne de la population entre 2014 et 2015.

tendances existant sur plusieurs années. Durant les trois mois d'été 2015, on a enregistré en tout 804 décès de plus que ce qui aurait été attendu lors d'une année normale. Ce chiffre correspond à une surmortalité de 5,4 % (tab. 6).

La surmortalité la plus importante enregistrée au Tessin, dans le nord-ouest de la Suisse et dans l'Espace Mittelland

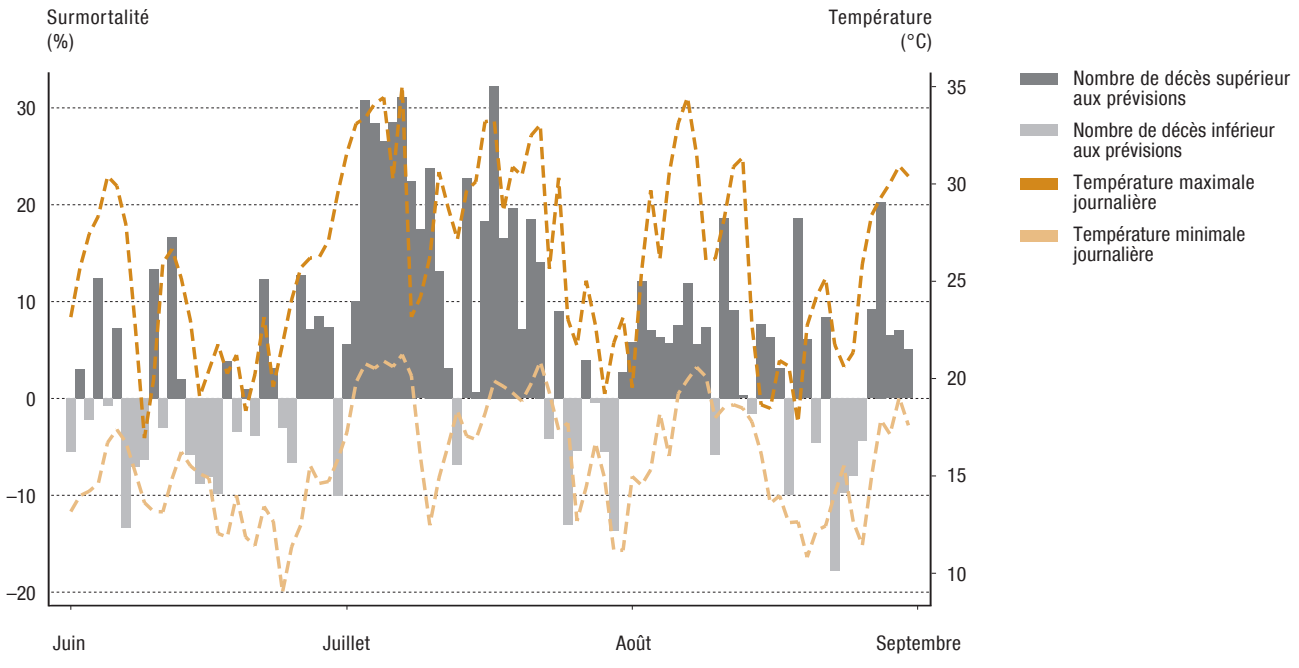
Sur l'ensemble de l'été 2015, c'est le Tessin qui a enregistré la surmortalité la plus importante avec un taux de 10,3 %, suivi du nord-ouest de la Suisse avec 9,5 % et de l'Espace Mittelland avec 8,9 %. La grande région qui est restée la plus fraîche de toutes, à savoir la Suisse orientale, a enregistré 3,3 % de décès en moins que ce qui était attendu. De manière générale, on a dénombré davantage de décès additionnels dans les grandes régions où la canicule était intense.

Région lémanique: surmortalité moyenne en dépit de températures élevées

Il est frappant de constater que malgré les fortes chaleurs, la surmortalité en Suisse occidentale (région lémanique) reste, avec 5,2 %, légèrement inférieure à la moyenne nationale. Il est possible que ce résultat s'explique par le fait que les cantons romands ont élaboré et mis en œuvre ces dernières années des plans de mesure pour la gestion des périodes de canicule. Il se peut toutefois aussi que ce ne soient pas les températures

Fig. 44

Différences journalières entre la mortalité observée et la mortalité attendue durant l'été 2015 (en %). Gris foncé: nombre de décès supérieur aux prévisions. Gris clair: nombre de décès inférieur aux prévisions. Pointillé orange foncé: température maximale journalière. Pointillé orange clair: température minimale journalière.



Source: OFS

maximales journalières qui aient le plus d'impact sur la mortalité, mais les températures nocturnes ou les températures ressenties, deux paramètres qui étaient nettement plus élevés au Tessin (région à la surmortalité la plus élevée) qu'en Suisse romande.

La surmortalité touche avant tout les 75 à 84 ans et les moins de 20 ans

En chiffres absolus, la mortalité additionnelle de l'été 2015 a surtout touché les personnes de plus de 75 ans. Ces dernières comptent pour 77 % des décès additionnels. C'est toutefois aussi dans ce groupe d'âge que le risque de mortalité est le plus élevé, indépendamment de la canicule. En termes relatifs, c'est dans le groupe d'âge des 75 à 84 ans que la canicule de l'été 2015 a entraîné la plus forte augmentation du risque de décès, soit une hausse de 9,7 %, suivi du segment de population le plus jeune, celui des moins de 20 ans, qui affiche une augmentation de 8,7 %. Comme la mortalité est de manière générale très basse dans ce segment de population, cette hausse ne représente en chiffres absolus que 11 décès additionnels[32]. C'est dans les segments des 65 à 74 ans et des plus de 85 ans que la surmortalité relative est la plus basse avec un taux de 3,6 % (tab. 6).

Les hommes un peu plus touchés que les femmes

La mortalité due à la canicule de l'été 2015 est un peu plus élevée chez les hommes avec 6,0 % que les chez les femmes avec 5,0 %.

La plupart des décès additionnels sont survenus en juillet

La surmortalité est distribuée de manière inégale sur les trois mois d'été: le mois de juin est celui qui compte le moins de décès (20), juillet est celui qui en compte le plus (570), et août s'inscrit au milieu (214 décès).

Comparaison entre la mortalité de l'été 2015 et celle de l'été 2003

Mortalité inhabituellement élevée durant les étés 2003 et 2015

Si l'on compare le nombre quotidien de décès sur plusieurs années, le caractère inhabituel de la mortalité due à la canicule des étés 2003 et 2015 apparaît clairement (fig. 45). Ces deux années-là, la mortalité estivale a atteint des niveaux que l'on n'enregistre sinon qu'en hiver. Les nombreux décès de février et de mars 2015 sont dus à une épidémie de grippe.

L'été 2015 caractérisé par des températures ressenties plus extrêmes et par plus de fluctuations que l'été 2003

Les températures maximales journalières des étés 2003 et 2015 sont nettement plus élevées que celles enregistrées les autres années à la même époque. En été 2015, les températures journalières maximales enregistrées par les stations de mesures sélectionnées pour les sept grandes régions analysées se sont inscrites en moyenne à un niveau un peu plus bas qu'en 2003 (26,2 contre 28,4 °C). Elles restent toutefois nettement plus élevées que sur la moyenne des années 2005–2014 (23,8 °C). Les valeurs maximales des températures ressenties sont néanmoins plus élevées en 2015 qu'en 2003: le jour le plus chaud de l'été 2015, la température ressentie la plus élevée sur la moyenne des sept stations s'est élevée à 36,7 °C, alors qu'elle s'était inscrite à 34,9 °C en 2003. Les variations de température sont en outre plus importantes en été 2015 qu'en été 2003 (fig. 46).

32 On sait que les jeunes enfants sont sensibles à la canicule. Les enfants plus âgés ou les adolescents peuvent toutefois aussi être victimes d'une mortalité additionnelle due aux conditions météorologiques, par exemple parce qu'il se produit plus d'accidents de baignade lorsqu'il fait beau.

La surmortalité relative un peu plus basse en 2015 qu'en 2003

La mortalité de l'été 2015 a été étudiée avec la même méthode que pour l'été 2003. À l'époque, on avait dénombré 975 décès dus à la canicule, ce qui correspond à une surmortalité relative de 6,9 % (Grize et al. 2005). La mortalité additionnelle est donc un peu plus basse en été 2015 qu'en été 2003, tant en termes absolus (804 décès) qu'en termes relatifs (5,4 %). Deux facteurs compliquent toutefois les comparaisons entre ces deux années: d'une part, la population suisse est passée de 7,36 à 8,30 millions d'habitants entre 2003 et 2015 et son âge moyen a augmenté; d'autre part, une vague de grippe très agressive a provoqué quelque 2500 décès additionnels en février et en mars 2015, si bien que l'été de la même année, le nombre de personnes de santé fragile exposées aux risques liés à la canicule s'est trouvé réduit.

L'effet de la canicule sur la mortalité par catégorie d'âge est similaire en 2003 et en 2015

Tant en été 2015 qu'en été 2003, ce sont avant tout les personnes âgées qui ont été touchées par la canicule. En été 2015, on a dénombré 77 % des décès parmi les plus de 75 ans et 29 % parmi les plus de 85 ans. En été 2003, 68 % des décès additionnels ont touché les plus de 80 ans (le découpage des tranches d'âge était alors différent).

Tab. 6

Température et mortalité pendant la période allant de juin à août 2015.

Segment de population	Température maximale journalière		Température minimale journalière		Mortalité (décès)		
	Moyenne	Maximum	Moyenne	Maximum	Nombre attendu	Nombre additionnel	Surmortalité en %
Suisse (total)	26,2	35,0	15,9	21,2	14 759	804	5,4
Hommes	*	*	*	*	7188	428	6,0
Femmes	*	*	*	*	7572	375	5,0
0–19 ans	*	*	*	*	120	11	8,7
20–39 ans	*	*	*	*	198	11	5,4
40–64 ans	*	*	*	*	1838	86	4,7
65–74 ans	*	*	*	*	2242	81	3,6
75–84 ans	*	*	*	*	3915	381	9,7
≥ 85 ans	*	*	*	*	6445	235	3,6
Nord-ouest de la Suisse	26,7	37,0	15,6	22,3	2079	197	9,5
Espace Mittelland	25,9	36,8	14,2	20,0	3569	317	8,9
Région lémanique	28,1	39,7	15,7	22,5	2553	133	5,2
Zurich	25,8	34,6	15,6	21,5	2452	105	4,3
Tessin	27,8	33,9	19,0	25,4	688	71	10,3
Suisse centrale	26,1	34,8	15,8	21,5	1296	51	3,9
Suisse orientale	22,8	31,7	15,1	22,6	2122	–70	–3,3

* Pas de données disponibles pour le segment de population en question

Source: OFS

S'il s'est produit nettement moins de décès additionnels chez les femmes en été 2015 qu'en été 2003 (surmortalité relative de 5,0 % en 2015, contre 7,5 % en 2003), ce paramètre est pratiquement identique chez les hommes lors des deux années en question (6,0 % en été 2015, contre 6,1 % en été 2003). Ces différences peuvent certes être dues au hasard, mais il est aussi possible que les hommes soient plutôt sensibles aux variations de température (comme celles qui se sont produites en 2015), et que les femmes réagissent plutôt aux longues périodes de fortes chaleurs (comme celles qui ont caractérisé l'été 2003). Enfin, il se peut aussi que les femmes tiennent davantage compte des informations diffusées sur les conséquences sanitaires de la canicule et y adaptent mieux leur comportement que les hommes.

La surmortalité chez les femmes plus basse en été 2015 qu'en été 2003

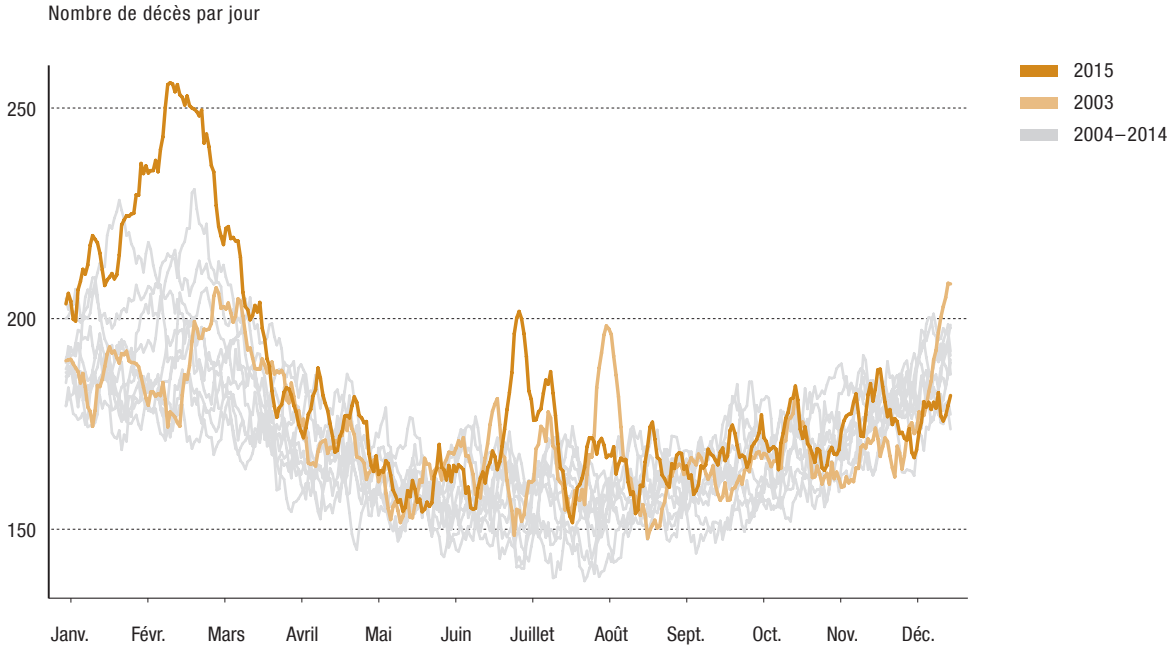
Mesures

Les mises en garde quant aux effets possibles de la canicule et les informations sur le comportement à adopter constituent des mesures essentielles à la protection de la population contre les impacts des vagues de chaleur. Il est recommandé d'éviter les efforts physiques aux heures les plus chaudes, de se rafraîchir, de s'alimenter, de s'hydrater et de se protéger du soleil. Il est également question de l'aide relevant des

Mises en garde et recommandations concernant le comportement à adopter

Fig. 45

Nombre de décès par jour pendant les années 2004–2014 ainsi qu'en 2003 et en 2015. Courbes lissées sur la base des moyennes à 7 jours (3 jours avant et 3 jours après la valeur inscrite). Valeurs absolues non corrigées de la croissance démographique.



Source: OFS

relations de bon voisinage ainsi que des besoins et des tâches de certains groupes de population (personnes âgées, personnes nécessitant des soins, proches, personnel soignant, médecins).

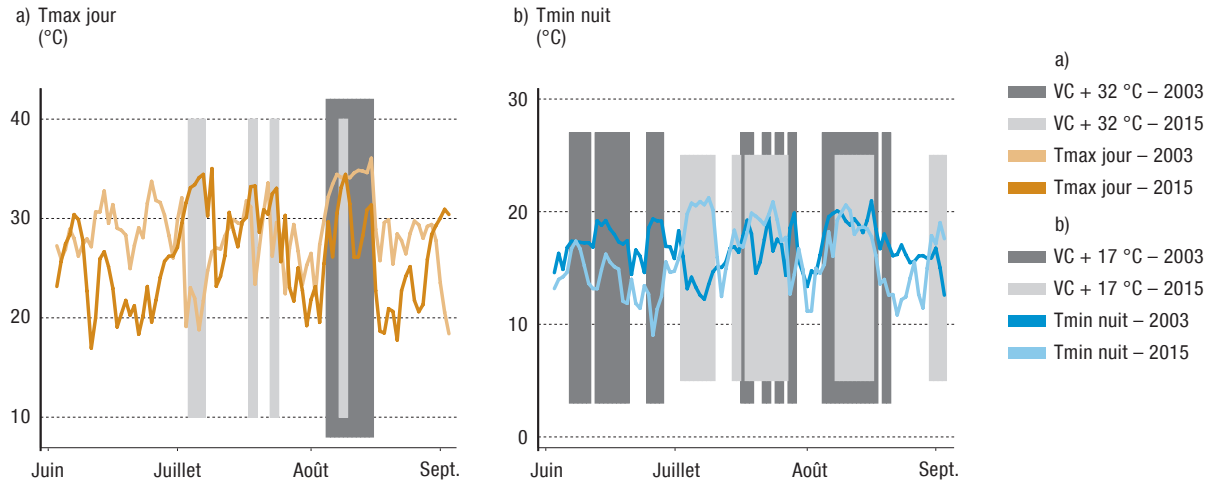
Mises en garde par étapes de la Confédération

Le 26 juin 2015, MétéoSuisse publie, sur la page Internet qu'elle consacre aux mises en garde et via une appli pour smartphones, un premier aperçu d'avertissement (probabilité de survenue supérieure à 40 %) pour une possible vague de chaleur de niveau 3 («danger marqué») en Suisse romande et en Valais. Cet aperçu sera étendu le lendemain aux autres régions du nord des Alpes.

Quelques jours plus tard, le 29 juin, MétéoSuisse émet une première alerte (probabilité de survenue d'au moins 70 %) à l'intention des centrales d'intervention des polices cantonales, de divers services spécialisés de la Confédération et des cantons, d'autres services météorologiques et de diverses stations radio. Pour le Valais, la partie occidentale du pays et le Tessin, c'est le niveau 4 («danger fort») qui s'applique, tandis que le niveau 3 prévaut pour les autres régions. Deux jours plus tard, le niveau 4 est déclaré pour les zones de plaine de toutes les régions, et le 2 juillet, MétéoSuisse émet finalement une alerte canicule de niveau 4 pour toute la Suisse.

Fig. 46

Évolution des températures durant les étés 2003 et 2015. Moyennes des stations sélectionnées pour les sept grandes régions (cf. tableau 6). Gris: vagues de chaleur (VC) caractérisées par des températures maximales journalières (Tmax) supérieures à 32 °C pendant au moins deux jours de suite (à gauche, VC + 32 °C) ou par des températures nocturnes minimales (Tmin) d'au moins 17 °C pendant au moins deux nuits de suite (à droite, VC + 17 °C).



Source: MétéoSuisse

Les alertes de MétéoSuisse sont publiées simultanément sur son site Internet et sur le portail des dangers naturels de la Confédération[33]. Les services spécialisés en matière de dangers naturels de la Confédération publient eux aussi des bulletins d'information réguliers sur la situation. Le premier bulletin consacré à la vague de chaleur de 2015 paraît le 30 juin. Il sera mis à jour quotidiennement jusqu'au 8 juillet.

Informations et mises en garde diffusées par les cantons

Certains cantons ont informé leur population sur les questions liées à la canicule avant même les premières mises en garde de MétéoSuisse. Dans le canton de Vaud, le médecin cantonal, se fondant sur l'expérience acquise lors des vagues de chaleur des années précédentes, a ainsi diffusé dès le 3 juin 2015, à titre préventif, des informations sur les impacts, les risques et les comportements à adopter. Le 29 juin, Vaud est le premier canton à informer sa population de l'alerte canicule lancée par MétéoSuisse. Les cantons de Genève, du Jura, de Neuchâtel et du Tessin en feront autant le lendemain. Le canton de Fribourg suivra le 2 juillet.

Plans canicule cantonaux

Au cours des derniers jours de juin, les cantons de Vaud et de Genève ont en outre annoncé l'activation de leurs plans canicule. Ces derniers décrivent l'ensemble des mesures à prendre dans le canton en cas de vague de chaleur persistante, de même que leur mise en œuvre sur le plan organisationnel (p. ex. compétences, déroulement). On s'assure ainsi qu'en cas de besoin, les mesures en question pourront être introduites de façon coordonnée et dans les délais requis.

Communication à la population de recommandations sur le comportement à adopter

Des recommandations quant au comportement à adopter en cas de vague de chaleur peuvent être consultées toute l'année sur différents sites Internet de la Confédération (MétéoSuisse, portail des dangers naturels, Office fédéral de la santé publique [OFSP], Alertswiss, plate-forme nationale «Dangers naturels» [PLANAT])[34]. L'OFSP propose en outre des notices qui ne s'adressent pas seulement à la population en général, mais aussi à des groupes de population vulnérables et au personnel de santé.

Avec son aperçu d'avertissement du 26 juin 2015, MétéoSuisse avait déjà diffusé des recommandations générales en matière de comportement dans la perspective de la vague de chaleur qui s'annonçait. Elle les a répétées dans toutes les autres informations qu'elle a diffusées sur la vague de chaleur. Rien qu'avec son appli, MétéoSuisse a atteint environ trois millions de personnes en Suisse.

Dans un communiqué de presse commun avec MétéoSuisse publié le 2 juillet 2015, l'OFSP a lui aussi attiré l'attention sur le comportement à adopter en cas de vague de chaleur. Peu de temps après, Alertswiss, la plate-forme d'information des services fédéraux et cantonaux de protection de la population, a diffusé sur Twitter les recommandations correspondantes.

33 www.dangers-naturels.ch

34 www.meteosuisse.admin.ch/home/meteo/dangers/recommandations-generales-sur-le-comportement-a-adopter/canicule.html
www.dangers-naturels.ch/home/gestion-des-dangers-naturels/canicule/pendant-la-canicule.html
www.bag.admin.ch/themen/gesundheitspolitik/00403/03965/index.html?lang=fr
https://alertswiss.ch/fr/dangers/canicule/
www.planat.ch/fr/bon-a-savoir/changement-climatique/vague-de-chaleur/mesures-hw/

Dans les cantons, ce sont le plus souvent les services sanitaires, le médecin cantonal ou la Chancellerie d'État qui ont informé la population par voie de communiqué de presse sur le comportement à adopter en cas de forte chaleur. La majorité des cantons diffusent en permanence, via leur site Internet, des informations sur le comportement à adopter en cas de vague de chaleur. D'autres cantons renvoient au site de l'OFSP ou d'Alertswiss.

Prise en charge des groupes de population vulnérables

Différents cantons ont pris des mesures spécifiques pour protéger les groupes de population particulièrement vulnérables. Dans le canton de Genève, le déclenchement de l'alerte canicule a immédiatement entraîné la mise en œuvre d'un plan canicule: en ville et dans différentes communes, des services d'urgence ont été mis en place pour les personnes âgées particulièrement vulnérables. Dans le canton de Vaud, des employés de la ville de Lausanne et de son agglomération ont pris contact personnellement avec toutes les personnes de plus de 75 ans vivant seules. Des employés des services sociaux, des membres de la protection civile et des policiers communaux se sont renseignés sur l'état de santé des personnes âgées et ont proposé de l'aide. Des boissons ont été fournies à ces dernières en cas de besoin. Dans le cadre du plan canicule cantonal, des affiches ont été apposées dans les lieux publics pour inciter la population à accorder une attention particulière aux personnes âgées et aux enfants pendant les vagues de chaleur.

De l'eau pour les automobilistes bloqués dans les embouteillages

Dans le canton du Tessin, la protection civile a, à la demande de la police cantonale, distribué de l'eau aux automobilistes revenant de vacances pris dans des embouteillages au portail sud du Gothard. La protection civile est restée en état d'alerte sur l'A2 entre Bellinzone et le portail sud pour apporter une aide d'urgence en cas de problèmes liés à la canicule et décharger la police.

3.7 Production d'électricité

Du fait de la sécheresse, la production des centrales au fil de l'eau est tombée nettement en dessous des valeurs habituelles au second semestre 2015, alors qu'elle avait été supérieure à la moyenne au printemps. Dans les bassins versants non alimentés par de l'eau de fonte, de nombreuses petites installations hydroélectriques ont dû être arrêtées pendant la phase de sécheresse la plus aiguë. Sur l'ensemble de l'année, la production d'électricité aura tout de même été supérieure à la moyenne grâce à la «vidange» des lacs d'accumulation intervenue en automne 2015 afin de produire du courant.

Contexte

La force hydraulique compte pour la majeure partie de la production d'électricité en Suisse

La production hydroélectrique dépend de la disponibilité d'eau et, partant, des précipitations. Sur la moyenne des années 2005–2014, les usines hydroélectriques ont assuré 56 % de la production d'électricité de notre pays. L'hydroélectricité produite était issue à 45 % de centrales au fil de l'eau et à 55 % de centrales à accumulation (OFEN 2014). Les 90 % environ du courant issu de la force hydraulique sont produits dans de grandes centrales hydroélectriques (puissance supérieure ou égale à 10 MW), les 10 % restants

proviennent de petites centrales de moins de 10 MW (AES 2014). Le contenu des lacs d'accumulation correspond à quelque 13 % de la consommation suisse d'électricité (OFEN 2014).

En 2015, certaines centrales nucléaires ont connu des interruptions de production d'une durée inhabituellement longue, qui se sont prolongées jusqu'en hiver. Il s'agissait d'arrêts dus à des motifs techniques[35] et non aux conditions météorologiques. Relevons toutefois que lorsque les niveaux d'eau sont bas et les températures de l'eau élevées, il peut être nécessaire de réduire la puissance des centrales nucléaires refroidies par des eaux de rivière afin de respecter les prescriptions relatives au déversement d'eau chaude dans les cours d'eau. La température moyenne des eaux en été a augmenté ces dernières années, en particulier lors des étés chauds et secs. S'agissant des centrales nucléaires dotées d'une tour de refroidissement, une réduction de la puissance peut également être nécessaire en cas de fortes chaleurs.

Effets de la sécheresse estivale sur les centrales hydrauliques

En 2015, malgré la sécheresse de l'été et de l'automne, la production des centrales hydroélectriques a dépassé de 6,8 % la moyenne des années 2000–2014. Cet étonnant résultat s'explique par le niveau inhabituellement élevé, en particulier en mai et en juin ainsi qu'en octobre et en novembre, de la production des centrales à accumulation. Le bas niveau de production des centrales au fil de l'eau a ainsi été plus que compensé au second semestre 2015.

Faible production des centrales au fil de l'eau au second semestre

Au second semestre 2015, la production des centrales au fil de l'eau a été nettement plus basse qu'à l'accoutumée. En juillet, elle s'est établie à environ 1,5 % de moins que la moyenne des années 2000–2014. En août et en septembre, elle s'est inscrite à près de 7 % de moins, en octobre à 13,4 % de moins, en novembre à 16,1 % de moins et en décembre à 13,1 % de moins (fig. 47). Cumulé sur les six mois en question, le manque à produire s'élève à quelque 700 gigawattheures par rapport à la moyenne des années 2000–2014.

La sécheresse en cause

Le manque à produire enregistré par les centrales au fil de l'eau durant le second semestre 2015 est dû à la persistance de la sécheresse. Le débit de la plupart des cours d'eau de plaine (Plateau et Jura) a sensiblement diminué durant cette période. Ainsi, le débit du Rhin mesuré à Birsfelden s'est inscrit à partir de début juillet 2015 sensiblement au-dessous de la moyenne des mois correspondants des dix années précédentes. La production de la centrale électrique de Birsfelden a diminué en conséquence, n'atteignant en septembre 2015 que 70 % de son volume habituel (KWB 2015). Sur les cours d'eau de moindre importance, la production d'électricité enregistrée pendant les mois d'été n'a pas atteint la moitié de la moyenne mensuelle à long terme. Nombre de

35 Des examens sur les réacteurs de la centrale nucléaire de Beznau ont entraîné un arrêt relativement long de la tranche 2 et l'interruption provisoire de la production de la tranche 1. Quant à celle de Mühleberg, elle a connu deux arrêts non planifiés en plus des travaux de révision habituels.

petites centrales au fil de l'eau situées sur des cours d'eau non alimentés par de l'eau de fonte ont dû être entièrement arrêtées pendant la période la plus sèche, subissant des pertes financières, qui les ont dans certains cas placées en situation délicate.[36]

Une situation moins difficile qu'en 2003

La production d'électricité des centrales au fil de l'eau a toutefois moins baissé en 2015 qu'en 2003. Ce fait s'explique par les débits élevés qui ont marqué le printemps: durant cette période, on a pendant plusieurs mois produit nettement plus de courant qu'en 2003. En 2015, de nombreuses centrales au fil de l'eau ont en outre bénéficié de la «vidange» rapide des lacs d'accumulation intervenue en octobre et en novembre à des fins de production d'électricité.

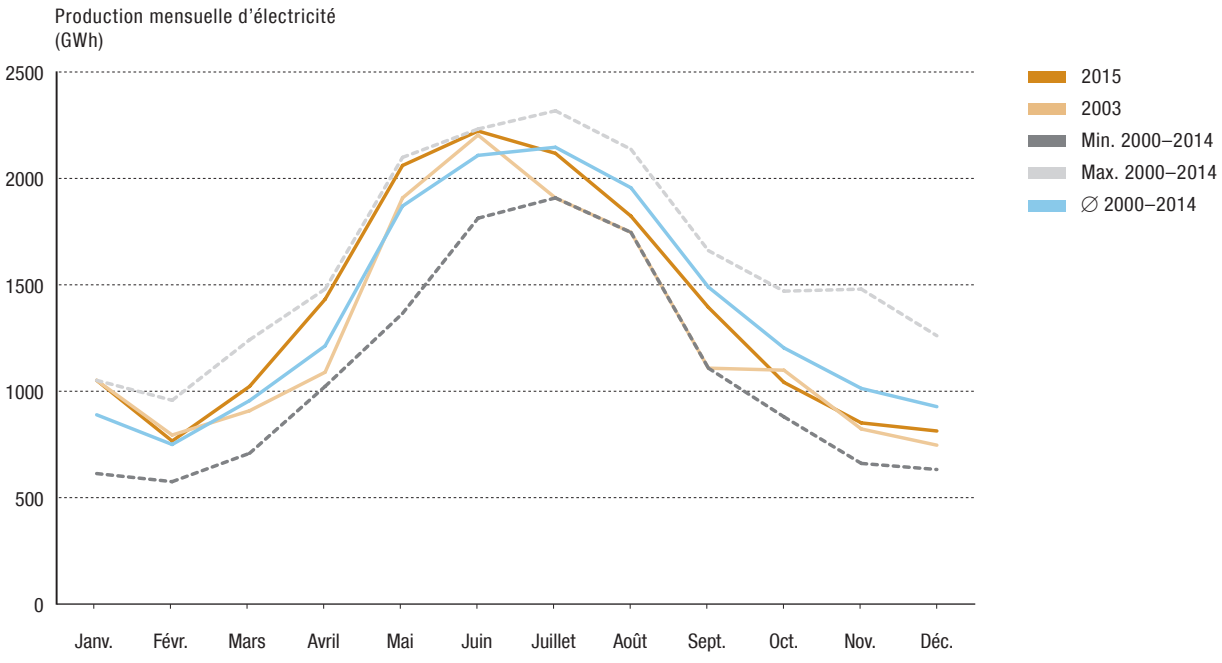
Pas d'impact direct de la sécheresse de 2015 sur les centrales à accumulation

L'été chaud et sec de 2015 n'a pas eu de répercussions directes sur la production des centrales à accumulation. Ce fait s'explique par plusieurs facteurs antagonistes: le débit des affluents alimentant les lacs de retenue a certes diminué sous l'effet de la sécheresse, mais il s'est accru sous celui de l'afflux d'eaux de fonte issues des bassins versants englacés. Ce qui a toutefois été décisif pour la production d'électricité en

36 La société Hydroelectra AG a ainsi dû arrêter par moments en 2015 quatre de ses sept petites centrales au fil de l'eau.

Fig. 47

Production mensuelle d'électricité des centrales au fil de l'eau en 2015 et en 2003, complétée par les valeurs minimales, moyennes et maximales des années 2000–2014, en gigawattheures.



Source: Statistique de l'électricité (Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse) pour les années 2000–2015

2015, c'est le turbinage précoce, à l'automne, de l'eau stockée dans les bassins d'accumulation afin de tirer parti des prix temporairement élevés de l'électricité en Suisse. C'est cet élément, conjugué aux niveaux de production supérieurs à la moyenne de mai et de juin, qui a provoqué l'excès de 12 % enregistré par rapport à la production moyenne des années 2000–2014.

Les centrales à accumulation nettement moins touchées en 2015 qu'en 2003

Au cours des mois de mai, de juin, d'octobre et de novembre 2015, la production des centrales à accumulation a atteint des niveaux records; en octobre, elle a même dépassé de 40 % la moyenne des années 2000–2014. En 2003 par contre, la production des centrales à accumulation s'était inscrite légèrement à sensiblement au-dessous de la moyenne durant les mois de septembre à décembre (fig. 48).

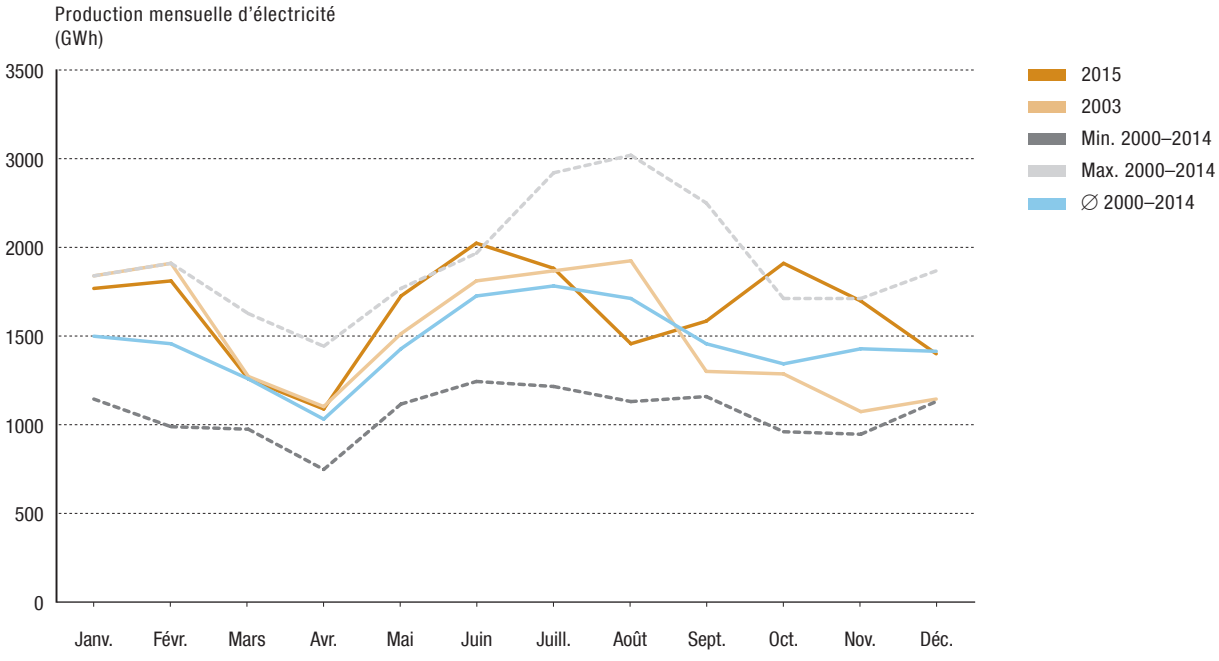
Effets de la canicule sur les centrales nucléaires

Réductions ponctuelles de la puissance des centrales nucléaires induites par la canicule

Sur l'ensemble de l'année 2015, le parc suisse de centrales nucléaires a fourni sensiblement moins d'électricité que sur la moyenne des années 2000–2014. Ce recul est essentiellement dû à des travaux de révision d'une durée inhabituellement longue et à des arrêts non planifiés (cf. note de bas 35). Les températures élevées de l'air

Fig. 48

Production mensuelle d'électricité des centrales à accumulation en 2015 et en 2003, complétée par les valeurs minimales, moyennes et maximales des années 2000–2014, en gigawattheures.



Source: Statistique de l'électricité (Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse) pour les années 2000–2015

et de l'eau, conjuguées à de faibles niveaux d'eau, ont cependant aussi joué un rôle. La centrale nucléaire de Mühleberg a ainsi dû procéder à des réductions de puissance pouvant atteindre 20 % pendant 16 jours afin de respecter les températures prescrites pour l'eau de refroidissement. D'où un manque à produire de 23,6 gigawattheures, ce qui correspond à deux jours et demi de fonctionnement à pleine charge. À la centrale de Beznau II[37], le manque à produire imputable à la canicule s'est élevé à 2,0 gigawattheures, soit cinq heures et demie de fonctionnement à pleine charge. Quant à la centrale nucléaire de Leibstadt, elle a dû réduire sa puissance à midi et pendant plusieurs heures de l'après-midi durant 28 jours répartis sur les mois de juin, de juillet et d'août 2015, ce qui correspond au total à un manque à produire de 29,3 gigawattheures, soit un jour de fonctionnement à pleine charge. Enfin, la centrale nucléaire de Gösgen n'a pas connu de réduction de puissance induite par la canicule en 2015. Le manque à produire enregistré par les centrales nucléaires en raison des conditions météorologiques s'élève donc au total à 55 gigawattheures, ce qui est nettement moins que celui subi par les centrales au fil de l'eau (700 gigawattheures).

Effet conjugué des conditions météorologiques et des interruptions d'exploitation

Une constellation défavorable a entraîné par périodes des baisses sensibles de la production indigène d'électricité

Au cours du second semestre 2015, les pertes de production subies par les centrales au fil de l'eau du fait de la canicule et de la sécheresse se sont conjuguées à des interruptions d'exploitation de centrales nucléaires d'une durée inhabituellement longue, motivées par des raisons techniques. En conséquence, la Suisse a produit nettement moins d'électricité qu'à l'accoutumée pendant une période relativement longue. Comme les capacités d'importation d'électricité étaient épuisées à la frontière nord, le prix de l'électricité en Suisse a augmenté dès le mois d'octobre jusqu'au niveau des prix pratiqués en Italie[38], alors que cette hausse de prix ne se produit habituellement qu'en hiver.

L'importante production des centrales à accumulation a compensé le faible niveau de production des centrales nucléaires et au fil de l'eau

Cette situation de marché a fait qu'en octobre et en novembre, les centrales à accumulation ont transformé nettement plus d'eau en électricité que d'habitude, si bien que leur production a atteint des valeurs records. En conséquence, le niveau des lacs d'accumulation a rapidement diminué[39], et le débit des cours d'eau en aval a augmenté, ce qui a eu des effets positifs sur la production des centrales au fil de l'eau. Sans cette eau supplémentaire, le manque à produire enregistré par les centrales au fil de l'eau au quatrième trimestre 2015 aurait été encore plus important. De ce fait, et grâce aussi à la production – supérieure à la moyenne – du premier semestre, la production d'électricité totale de l'année 2015 a été nettement moins marquée par la sécheresse que celle de 2003.

37 La centrale nucléaire de Beznau I est à l'arrêt pour une durée indéterminée.

38 Prix sur le marché spot en Suisse, en Allemagne, en France et en Italie; source: EPEX et GME

39 Après des valeurs légèrement en dessous de la moyenne au premier trimestre, le taux de remplissage des lacs d'accumulation s'est établi en septembre 2015 à 88,3 %, soit à deux points au-dessus de la moyenne des années 2000–2014. Ce taux a ensuite baissé rapidement, passant à 60,6 % en novembre, puis à la valeur exceptionnellement basse de 47,7 % en décembre.

La situation en matière d'approvisionnement s'est tendue en fin d'année, car les baisses de production due à la sécheresse se sont conjuguées à trois facteurs aggravants: les arrêts inhabituellement longs de certains réacteurs nucléaires, le faible taux de remplissage des lacs d'accumulation, et les capacités limitées d'importation et de transformation de courant en provenance de l'étranger.

La fin de l'année marquée par une situation tendue en matière d'approvisionnement

Mesures

Différentes dispositions (interventions sur le marché et mesures techniques) ont été prises dans le cadre d'une collaboration entre Swissgrid, la branche de l'énergie et certains gestionnaires du réseau de transport européen[40]. Le réacteur nucléaire de Beznau II a en outre été remis en service et un volume de précipitations supérieur à la moyenne s'est abattu sur le pays par des températures douces, si bien que la situation s'est détendue en mars 2016 (Swissgrid 2016b). Des mesures préventives ont été initiées[41], afin de contribuer à la maîtrise des situations similaires susceptibles de se produire à l'avenir. Il s'agit notamment de clarifier les rôles et les responsabilités en matière de sécurité d'approvisionnement en Suisse. Ces mesures ne découlent toutefois pas de la sécheresse de l'automne 2015, mais d'interruptions d'une durée imprévue de l'exploitation de certaines centrales nucléaires.

Interventions sur le marché et mesures techniques visant à maîtriser la situation

40 C'est ainsi que, en février 2016, Swissgrid a imposé des restrictions aux exportations d'électricité vers l'Allemagne, l'Autriche et l'Italie, tout en signant avec certains exploitants de centrales électriques des contrats de réservation, pour une durée limitée, d'énergie dite de redispatching afin d'éviter la surcharge de ses transformateurs (Swissgrid 2016a). Swissgrid s'est ainsi assurée de pouvoir se procurer en tout temps des quantités d'énergie suffisante auprès des centrales électriques en question (Swissgrid 2016a).

41 P. ex. achat anticipé d'un transformateur supplémentaire à la centrale nucléaire de Beznau. Les autres mesures peuvent être consultées sur www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/current/situation_winter_1516/160304_AG_Winter.pdf (en allemand).

4 > Perspectives

L'été exceptionnellement chaud que nous avons connu en 2015 devrait devenir la norme d'ici le milieu du siècle. Au vu des graves conséquences sanitaires de la canicule, des mesures supplémentaires s'imposent. Les instruments de gestion de la sécheresse existants devront notamment être utilisés de manière systématique.

4.1 La canicule de l'été 2015, signe avant-coureur des changements climatiques à venir

Selon l'évolution des émissions de gaz à effet de serre, la température moyenne estivale augmentera de 1,6 à 4,8 °C en Suisse[42] d'ici la fin du siècle. Le réchauffement sera donc une à trois fois plus élevé que celui qui a été observé depuis le début des mesures de température en 1864 (CH2011 2011). L'été 2015 nous donne une idée réaliste des températures prévisibles pour le milieu de ce siècle.

Conditions météorologiques

Des vagues de chaleur plus fréquentes

Pendant la période 1980–2009, des vagues de chaleur de sept jours consécutifs (températures maximales supérieures à 30 °C) se produisaient environ tous les dix ans à Zurich et à Bâle, tous les cinq ans à Lugano et tous les deux ans à Genève. Les changements climatiques induiront une nette augmentation de la fréquence de ce type d'épisodes. Pendant la période 2010–2039 déjà, de telles périodes de canicule se produiront jusqu'à trois fois plus souvent dans les villes précitées. Au milieu du siècle, les villes de Lugano, de Bâle et de Genève devraient même en connaître une par année en moyenne, et celle de Zurich une tous les deux ans (fig. 49). Les événements extrêmes seront synonymes de températures encore plus élevées, de sorte que la semaine la plus chaude atteindra certaines années encore quelques degrés de plus que la moyenne qui aura alors cours.

Des températures plus extrêmes

En 2015, la moyenne des températures maximales journalières sur la période de 14 jours la plus chaude de l'été s'est élevée à 30 °C à Zurich, à 31 °C à Bâle, à 32 °C à Lugano et à 33 °C à Genève. Dans chaque cas, ces températures dépassent de 2 à 3 °C celles des années 1980–2009 (période de référence). Selon les modèles climatiques, de telles valeurs constitueront la norme dès le milieu de ce siècle. En 2003, la moyenne des températures maximales journalières sur la période de 14 jours la plus chaude a été encore plus élevée qu'en 2015: elle s'est établie approximativement à 33 °C à Zurich et à Lugano, et à 35 °C à Bâle et à Genève (fig. 50). Les températures de 2003 correspondent donc à celles auxquelles il faut s'attendre pour la fin de ce siècle.

42 Valeur médiane des scénarios climatiques (CH2011 2011)

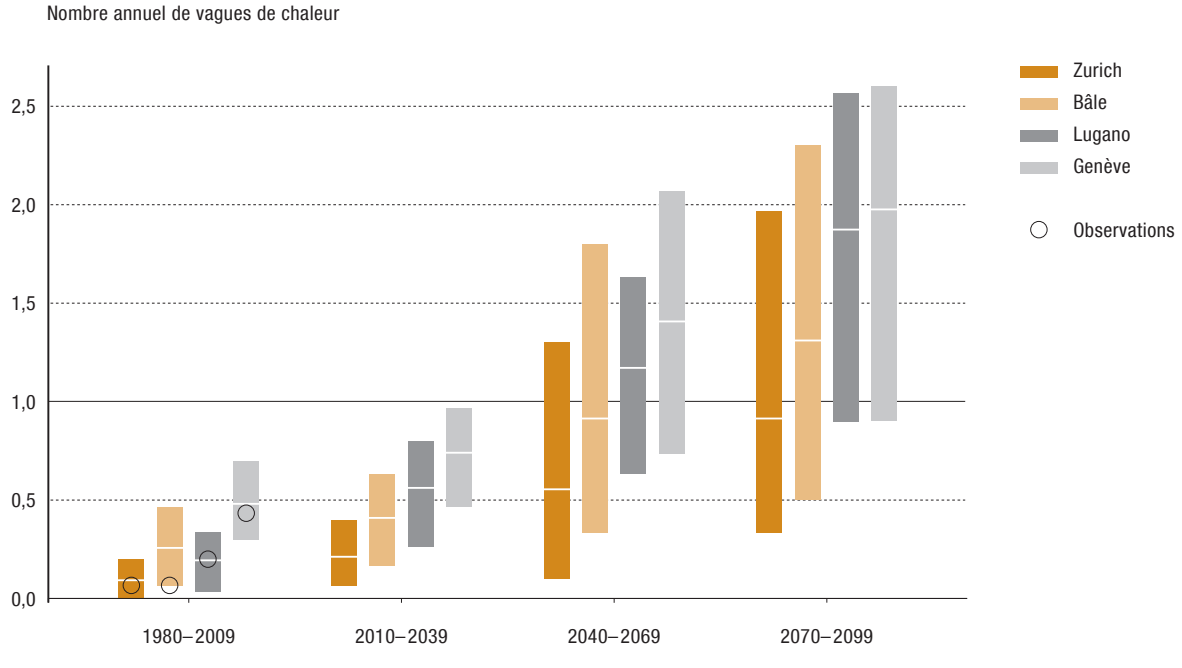
Accentuation de la sécheresse estivale

L'évolution future des précipitations est plus difficile à estimer que celle des températures. Les scénarios climatiques existants laissent à penser que les précipitations estivales auront tendance à diminuer tout en tendant plus fortement vers les extrêmes. L'élévation des températures entraînera une augmentation de l'évapotranspiration, si bien que les phases de sécheresse devraient être davantage perceptibles. En hiver, les précipitations devraient augmenter légèrement dans certaines parties de la Suisse. Du fait de l'augmentation des températures, il pleuvra davantage et il neigera moins, ce qui réduira l'effet régulateur de la couverture neigeuse sur les débits.

En été 2015, les précipitations s'étaient inscrites nettement au-dessous de la moyenne saisonnière des années 1981–2010. Le mois de juillet, en particulier, est resté très sec dans la quasi-totalité du pays. Du fait de l'humidité du printemps, la sécheresse de l'été 2015 a toutefois été moins marquée que celle de l'été 2003. Le manque de précipitations a cependant persisté pendant une période inhabituellement longue (jusqu'en hiver). Le caractère essentiellement sec de l'été 2015 correspond grosso modo à la tendance attendue vers la fin du siècle.

Fig. 49

Nombre annuel de vagues de chaleur d'au moins sept jours consécutifs (températures maximales journalières de plus de 30 °C). Les barres indiquent la plage de fluctuation de quatorze simulations régionales du projet ENSEMBLES établies sur la base du scénario d'émissions A1B du rapport SRES. Lignes blanches: moyenne. Ronds vides: observations pour la première des quatre périodes.



Source: MétéoSuisse

Santé

De graves conséquences sanitaires

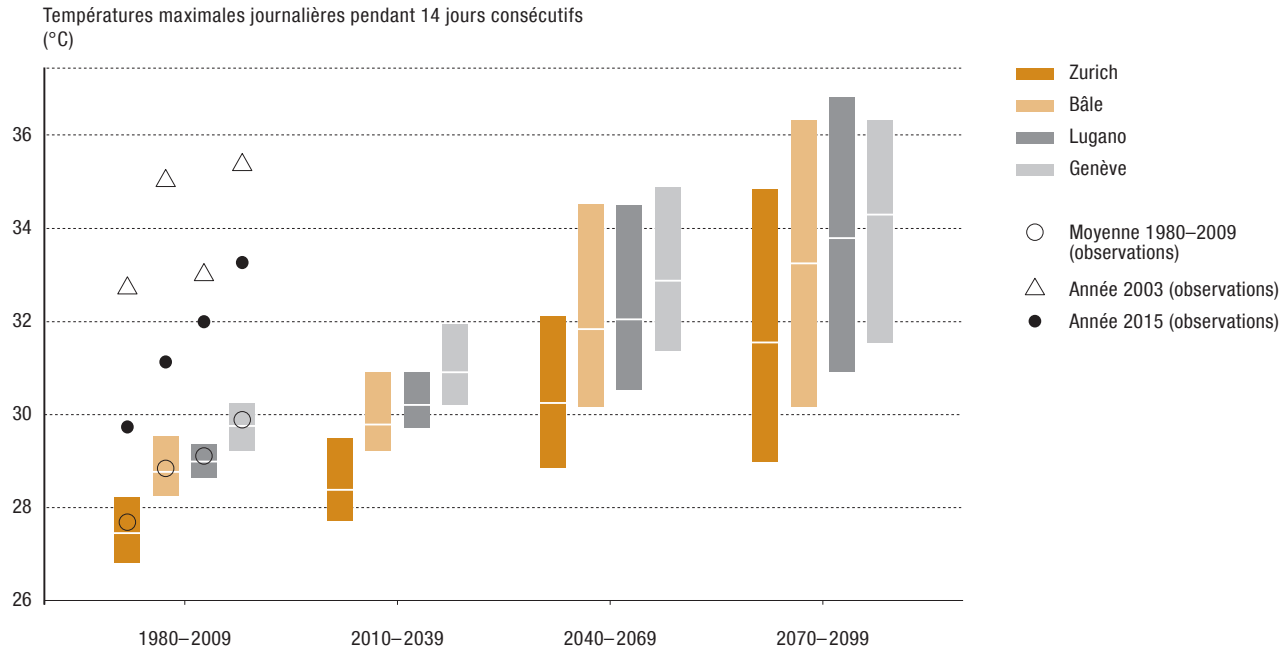
Les périodes de canicule qui ont marqué l'été 2015 ont eu de graves conséquences sur la santé humaine. Au total, la canicule a provoqué en Suisse environ 800 décès de plus que ce que l'on aurait attendu si les conditions météorologiques étaient restées dans la moyenne. Ce chiffre correspond à une surmortalité de 5,4 %. C'est au Tessin, dans le nord-ouest de la Suisse et dans l'Espace Mittelland que la mortalité additionnelle a été la plus élevée. La majeure partie des victimes est constituée de personnes de plus de 75 ans. La situation de l'été 2015 est comparable à celle de l'été 2003, même si la surmortalité avait alors été un peu plus élevée (6,9 %) du fait de la durée plus longue et du caractère plus intense de la canicule.

Alerte et information par voie électronique et dans les médias

Les mises en garde et l'information sur le comportement à adopter constituent les principales mesures permettant de protéger la population des impacts des vagues de chaleur. Dès la fin juin, c'est-à-dire avant le commencement de la période de canicule de début juillet, MétéoSuisse a publié un aperçu d'avertissement pour la Suisse romande

Fig. 50

Moyenne des températures maximales journalières pendant les 14 jours consécutifs les plus chauds des années 2003 (triangles) et 2015 (ronds pleins). Les barres indiquent la plage de fluctuation de quatorze simulations régionales du projet ENSEMBLES établies sur la base du scénario d'émissions A1B du rapport SRES. Lignes blanches: moyenne. Ronds vides: observations pour la première des quatre périodes.



Source: MétéoSuisse

et le Valais. La première alerte a suivi quelques jours plus tard: elle était valable pour l'ensemble de la Suisse à partir du 2 juillet (niveau 4: «danger fort»). En parallèle, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a publié un communiqué de presse à l'intention du grand public. Les mises en garde des autorités cantonales ont généralement été diffusées en même temps que les alertes de MétéoSuisse ou peu après. Des recommandations quant au comportement à adopter sont par ailleurs disponibles sous forme de pages Internet ou de notices et donc accessibles toute l'année.

Prévention et mesures en faveur des groupes de population les plus vulnérables

Les mesures prises par les cantons et la Confédération étaient globalement très hétérogènes, allant de simples recommandations sur le comportement à adopter (comme dans le nord-ouest de la Suisse) à des mesures de suivi des groupes particulièrement à risques par la protection civile (comme dans le canton de Vaud). Dans le sud et l'ouest de la Suisse en particulier, des mesures renforcées ont été prises tant à l'échelon cantonal qu'à l'échelon communal dans le cadre de plans canicule. On ne sait pas encore précisément si les inégalités dans la distribution régionale de la mortalité observées en 2003 et en 2015 sont dues à l'effet des mesures prises ou à des différences dans l'intensité des vagues de chaleur. Les résultats de l'analyse de l'événement semblent toutefois indiquer que les mesures prises, en particulier dans l'ouest de la Suisse, ont eu des effets tangibles. Dans la région lémanique, la surmortalité s'est élevée à 5,2 % en 2015, contre 17,5 % lors de la vague de chaleur de 2003. Reste que la situation dans le canton du Tessin ne cadre pas avec ce tableau. Malgré une préparation soigneuse et les mesures mises en œuvre, la mortalité additionnelle s'est inscrite à 10,3 % en 2015, ce qui est nettement plus qu'à l'été 2003. À l'époque, la mortalité avait même été 3,1 % inférieure à ce que l'on aurait attendu avec des conditions météorologiques normales.

Réduction des dépassements des valeurs limites pour l'ozone

En plus de la chaleur, la concentration de polluants atmosphériques a elle aussi des effets négatifs sur la santé. En été, cela vaut en particulier pour l'ozone. Au cours des 25 dernières années, la concentration moyenne d'ozone a été sensiblement réduite grâce à limitation des gaz précurseurs obtenue dans le cadre de la politique suisse de protection de l'air. Les valeurs limites d'ozone ont néanmoins été largement dépassées en été 2015. Une simple évaluation statistique montre toutefois que, à une température d'environ 30 °C et à des conditions météorologiques similaires à celles qui régnaient en 2003, la concentration maximale d'ozone était de 10 à 15 microgrammes par mètre cube plus basse en 2015 que douze ans auparavant.

La réduction à long terme des gaz précurseurs: un effort indispensable

Les concentrations élevées d'ozone que l'on rencontre en été mettant longtemps à se former, il est inutile de les combattre par des mesures à court terme. Dans un bref délai, il n'est possible d'éviter des effets néfastes sur la santé que par des modifications des comportements individuels. L'expérience acquise ces dernières années montre qu'aucune mesure supplémentaire n'est nécessaire dans ce domaine. Il est toutefois essentiel de mettre en œuvre de manière systématique les mesures de réduction des émissions de gaz précurseurs de l'ozone, tant en Suisse qu'à l'échelle européenne.

Ressources naturelles

Des débits dépendants de l'englacement

Les températures élevées et l'absence de précipitations ont eu des conséquences marquées sur les débits des cours d'eau. De manière générale, la situation s'est toutefois révélée moins grave qu'en 2003, grâce à l'humidité du printemps. L'été 2015 a par ailleurs été caractérisé par des débits exceptionnellement élevés dans les cours d'eau des bassins versants englacés, tandis que ceux des bassins versants non englacés connaissaient de sévères étiages, surtout en automne. La température de l'eau a atteint un niveau record en juillet, tout en restant inférieure aux valeurs extrêmes de 2003.

Les débits 2015 pas forcément représentatifs de l'évolution à long terme

En Suisse, il faut s'attendre à ce que les 90 % du volume actuel des glaciers fondent d'ici la fin du siècle. Un nombre croissant de cours d'eau ne disposera donc plus que de bassins versants peu ou pas englacés. Le régime de leur débit sera moins influencé par la fonte des neiges et des glaciers, et il le sera davantage par les pluies, ce qui provoquera une modification de leur comportement saisonnier: les débits diminueront en été et augmenteront en hiver (CH2014-Impacts 2014). À cet égard, on ne peut pas considérer le second semestre 2015 et la longue période de sécheresse qui l'a marqué jusqu'à l'hiver comme typiques de la répartition des débits qui sera vraisemblablement induite par les changements climatiques.

Les milieux naturels humides fortement touchés

La sécheresse et la canicule de l'été 2015 ont laissé des traces très nettes sur la biodiversité. Si des conditions météorologiques aussi extrêmes ne se reproduisent pas ces prochaines années, on peut néanmoins s'attendre à ce que la situation se rétablisse peu à peu à moyen terme. Les espèces les plus touchées sont celles qui sont adaptées aux milieux humides. Nombre de petits cours d'eau et de tronçons de ruisseaux se sont entièrement asséchés, si bien que l'habitat des organismes aquatiques a été fortement réduit, voire a disparu provisoirement. Les espèces tolérantes à la sécheresse ont mieux pu tirer leur épingle du jeu. La situation leur a même parfois été bénéfique. Les cantons ont pris des mesures ponctuelles pour atténuer les impacts de la sécheresse sur la biodiversité, s'appuyant pour ce faire sur l'expérience acquise lors de la canicule de l'été 2003. En 2015, on était mieux préparé à la sécheresse qu'en 2003, si bien que l'on a pu y réagir plus rapidement. Les conséquences à long terme n'apparaîtront toutefois que dans les années à venir, au travers de séries d'observations relativement longues.

La production de denrées alimentaires partiellement entravée

Dans le domaine de l'agriculture, les besoins en irrigation ont augmenté par rapport aux années normales. À partir du mois de juillet, des déficits en eau marqués ont provoqué des pertes de rendement considérables dans des cultures importantes telles que le maïs et la pomme de terre. Les récoltes de betteraves sucrières et les vendanges ont elles aussi été fortement réduites du point de vue quantitatif, mais leur qualité s'est révélée très élevée. S'agissant des prairies et des pâturages, les bons rendements d'avant la sécheresse n'ont pas suffi à compenser les pertes qui ont suivi. En ce qui concerne les cultures agricoles, les dommages ont pu être évités lorsque l'irrigation était suffisante. En raison du bas niveau de nombreux cours d'eau, il a toutefois fallu interdire ou restreindre les prélèvements d'eau pour l'agriculture dans plusieurs cantons, en particulier ceux de l'arc jurassien, du Seeland et du nord-est de la Suisse. À la suite de la canicule de 2003, certains cantons avaient déjà amélioré et rendu plus

transparentes leurs pratiques en matière d'autorisation des prélèvements d'eau, ce qui semble avoir atténué au moins partiellement le potentiel de conflit. Les agriculteurs ont fait face aux difficultés d'approvisionnement en fourrage en coopérant avec d'autres exploitations et en achetant les quantités manquantes. De plus, la protection douanière applicable aux importations de fourrages a été temporairement assouplie et des dérogations ponctuelles ont été accordées lors de l'évaluation du bilan de fumure des exploitations. Dans certaines régions de montagne, l'approvisionnement du bétail en eau d'abreuvement a dû être assuré par des transports de l'armée. En plaine, les animaux ont été soumis à un stress thermique accru.

La production hydroélectrique soumise à des effets antagonistes

Après un printemps au-dessus de la moyenne, les centrales au fil de l'eau ont produit nettement moins d'électricité qu'à l'accoutumée au second semestre du fait de la sécheresse. Sur l'ensemble de l'année, la production d'électricité aura tout de même été supérieure à la moyenne des années précédentes, grâce notamment à l'important afflux d'eau en provenance des bassins versants englacés et à la «vidange» des lacs d'accumulation intervenue en automne 2015 afin de produire du courant.

Pas d'incendie de forêt de grande ampleur

Malgré la sécheresse et le risque accru de sinistre, la situation en matière d'incendies de forêt est restée stable. Seuls de petits incendies dont l'origine résidait souvent en dehors de la forêt ont été annoncés à la Confédération. Il n'y a pas eu de graves sinistres tels que ceux qui ont touché Viège en 2011 ou Loèche en 2003, bien que l'état de la forêt à certains endroits exposés eût rendu possible de tels incendies. À partir de la mi-juin, les cantons et la Confédération se sont fortement investis dans la prévention en diffusant des mises en garde et des informations sur les risques d'incendie de forêt. Une majorité de cantons a édicté des interdictions de faire du feu en juillet, ce qui a eu des effets positifs sur la situation. Quant à l'ampleur des dommages causés aux forêts par des organismes nuisibles, elle ne sera détectable qu'en 2016, et l'on ne pourra en faire une évaluation précise qu'au cours des années suivantes. Une surveillance attentive de la situation reste donc indispensable.

4.2 Conclusions

Plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques

L'élévation des températures et la modification du régime des précipitations induites par les changements climatiques amèneront de nouveaux défis à moyen et à long terme. Cela vaut pour la gestion des eaux, la gestion des dangers naturels, la biodiversité, l'agriculture, la production d'électricité, la gestion des forêts et d'autres secteurs. C'est sur cette toile de fond que le Conseil fédéral a adopté, le 2 mars 2012, le premier volet de la stratégie «Adaptation aux changements climatiques en Suisse» (Conseil fédéral suisse 2012). Selon ce document, l'accroissement de la sécheresse estivale et l'accentuation des fortes chaleurs dans les agglomérations et les villes comptent parmi les défis que les changements climatiques imposent à notre pays. Le Conseil fédéral a ensuite adopté, le 9 avril 2014, le plan d'action relatif à cette stratégie (Conseil fédéral suisse 2014a), lequel vise à assurer la préparation de la Suisse au réchauffement du climat.

Approvisionnement en eau 2025

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a examiné, en collaboration avec une équipe d'experts, les défis que les changements climatiques posent dans le domaine de l'approvisionnement en eau compte tenu de l'évolution démographique et économique prévisible de la Suisse. Cette analyse, dont l'objectif était de dégager des recommandations d'action, a montré que, moyennant une planification réfléchie et suffisamment précoce, il y aura en Suisse suffisamment d'eau de qualité requise pour couvrir les besoins en eau potable, en eau d'extinction et en eau d'usage. Il est néanmoins nécessaire de répartir intelligemment l'eau disponible, de renforcer l'exécution de la législation en matière de protection des eaux et d'améliorer la sécurité de l'approvisionnement en eau (OFEV 2014).

Gestion des vagues de chaleur

Nécessité d'adopter des mesures supplémentaires en matière de gestion de la canicule

Au vu de l'augmentation pronostiquée des températures estivales et de la fréquence des vagues de chaleur, des efforts supplémentaires sont indispensables pour protéger la santé de la population et s'adapter à de futurs événements météorologiques extrêmes. La fourniture aux personnes âgées, à d'autres groupes à risque et au personnel soignant d'informations ciblées sur le comportement correct à adopter doit être renforcée. Cette tâche relève de la compétence des cantons et des communes. La Confédération vérifie les recommandations sur le sujet et apporte son soutien à l'élaboration de concepts de gestion des vagues de chaleur de longue durée dans les domaines des soins, de la santé et des affaires sociales. Il est en outre prévu de définir des seuils uniformes pour le déclenchement d'alertes dans ces domaines (Conseil fédéral suisse 2014a). Les différents degrés de vulnérabilité aux fortes chaleurs et la grande hétérogénéité des mesures de gestion de la canicule prises en été 2015 mettent en évidence la nécessité d'une coordination accrue. Certains cantons ont mis en œuvre des plans canicule qui ont donné de bons résultats, alors que dans d'autres il existe certes des plans, mais ceux-ci n'ont pas (encore) eu d'effets. Il faut analyser en profondeur les causes de ces différences, examiner les possibilités d'amélioration et permettre un échange d'expériences entre les acteurs concernés.

C'est avant tout pour la population urbaine que l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur est synonyme d'aggravation des risques sanitaires. Dans les villes, l'impact des températures élevées peut être accentué par des facteurs locaux: circulation de l'air réduite en raison de la densité du milieu bâti, absorption du rayonnement solaire par les nombreux espaces imperméabilisés et dégagement de chaleur par l'industrie, les bâtiments et le trafic. Cet effet d'îlot de chaleur accentue le réchauffement en journée et réduit considérablement le rafraîchissement nocturne. À long terme, les villes devront être aménagées de manière à minimiser l'effet d'îlot de chaleur et à permettre l'afflux et la circulation d'air frais en provenance des régions environnantes.

Gestion de la sécheresse

Détection précoce

Le rapport établi par le Conseil fédéral en réponse au postulat «Eau et agriculture. Les défis de demain»[43] déposé au Conseil national demande que l'on étudie le contenu indispensable ainsi que les coûts et l'utilité d'un éventuel système de détection précoce et d'alerte sécheresse assorti d'une plate-forme d'information appropriée. Ces bases ont été élaborées dans le cadre du projet «drought.ch» du programme national de recherche «Gestion durable de l'eau» (PNR 61)[44], et l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) teste un prototype de plate-forme d'information depuis juin 2013 – en étroite collaboration avec l'OFEV et MétéoSuisse.

Progrès dans la maîtrise à court terme des phases de sécheresse

À la suite de la canicule et de la sécheresse de l'été 2003, certains cantons ont élaboré, aux fins de la maîtrise à court terme des phases de sécheresse, des procédures adaptées à de pareilles situations qui permettent d'effectuer une pesée précoce et transparente entre les exigences locales visant à l'utilisation des ressources et celles tendant à les protéger. Ces procédures ont en grande partie fait leurs preuves en 2015. La Confédération recommande aux cantons qui présentent encore des déficits dans la maîtrise à court terme de telles situations ou qui n'ont jusqu'à présent guère été touchés par des problèmes de hausse des températures ou de pénurie dans le secteur des eaux de prendre les mesures nécessaires. Le rapport «Gestion des ressources en eau dans les situations exceptionnelles» (Dübendorfer et al. 2015) offre une aide utile à cet égard. En plus de décrire des exemples cantonaux et toute une gamme de mesures, ce document présente les bases légales de la gestion des situations d'exception et les principes de priorisation des ressources en eau.

Recommandations pour la gestion préventive des ressources en eau

En cas d'augmentation de la fréquence d'événements comme la canicule et la sécheresse de l'été 2015, les mesures de maîtrise à court terme ne suffiront pas. Tel est le constat qui ressort des recherches et des analyses actuelles (PNR61, Conseil fédéral 2012b, OFEV 2014). En matière de gestion des ressources en eau, la Confédération recommande donc les mesures préventives ci-après.

1. Il convient de recenser les régions susceptibles de connaître des problèmes de pénurie d'eau. La Confédération apporte son soutien aux cantons au travers d'un rapport d'experts décrivant une procédure pragmatique permettant de répertorier les régions où il existe un besoin d'agir (Chaix et al. 2016).

2. Dans les régions à risques, il convient de gérer les ressources en eau dans une perspective régionale axée sur le moyen terme. Un rapport d'experts est en préparation sur le sujet. Il sera mis à disposition par l'OFEV en 2017. L'objectif est de satisfaire à relativement long terme les exigences se rapportant à l'utilisation et celles visant la protection.

43 Postulat 10.3533 déposé le 17 juin 2010 par le conseiller national Hansjörg Walter

44 www.pnr61.ch

Recommandations en vue de garantir l'approvisionnement en eau potable

Pour garantir l'approvisionnement en eau potable dans des situations de pénurie d'eau, la Confédération émet les recommandations ci-après.

1. Une planification régionale prospective (p. ex. plan d'affectation des ressources en eau, OFEV 2014) permet dans la plupart des cas d'empêcher les pénuries d'eau et les perturbations de l'approvisionnement en eau potable qui en découlent.

2. Il faut viser une mise en réseau intelligente de l'approvisionnement en eau. Le partage d'installations et le recours à au moins deux ressources indépendantes l'une de l'autre pour l'alimentation en eau réduisent la vulnérabilité de l'approvisionnement en eau potable. En cas d'assèchement ou de pollution d'une ressource, il est toujours possible de recourir à la deuxième (OFEV 2014, Conseil fédéral suisse 2014a).

Recommandations pour l'agriculture

Il s'agit pour l'agriculture d'une part de déterminer quelles sont les sources sûres d'approvisionnement en eau qui peuvent être utilisées pour l'irrigation de certaines zones de production et d'autre part de maintenir à un minimum les besoins en eau dans les zones exposées au risque de pénurie d'eau. À cet effet, il faudra exploiter de façon ciblée le potentiel d'infrastructures d'irrigation efficaces, opter pour des méthodes de culture ménageant les sols et cultiver des variétés adaptées. Quant aux pénuries de fourrage, il s'agira de les prévenir par une gestion optimisée des surfaces herbagères et une adaptation des cheptels.

Mesures à long terme à examiner

Si la situation devait s'aggraver à long terme, il faudrait examiner d'autres mesures. Le plan d'action «Adaptation aux changements climatiques en Suisse» (Conseil fédéral suisse 2014a), l'étude «Garantir l'approvisionnement en eau à l'horizon 2025» (OFEV 2014) et le rapport du Conseil fédéral sur le postulat Walter (Conseil fédéral suisse 2012b) en prévoient plusieurs. Il faudrait par exemple examiner si l'utilisation multiple de réservoirs d'eau (p. ex. lacs d'accumulation alpins, bassins d'enneigement, bassins d'irrigation) est susceptible de contribuer à la maîtrise des pénuries d'eau.

> Bibliographie

20 Minuten, 10 novembre 2015: Werden Getreide und Kaffee nun teurer? Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.20min.ch/finance/news/story/26777065.

AES 2014: Grande hydraulique, document connaissances de base, état: février 2014. Association des entreprises électriques suisses: 13 p.

Armée suisse (2016): Rapport annuel de l'Armée suisse 2015. http://www.vtg.admin.ch/fr/media/publications.detail.publication.html/vtg-internet/de/publications/verwaltung/organisation/astab/jahresbericht/81_129_dfi_Jahresbericht_der_Schweizer_Armee_2015.pdf.html.

Bader S. 2004: Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003. Rapport de travail de MétéoSuisse n° 200, 23 p.

Beguería S., Vicente-Serrano S. M., Reig F. & Latorre B. 2014: Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. Int. J. Climatol. 34: p. 3001–3023.

CH2011 2011: Swiss Climate Change Scenarios CH2011. C2SM, MétéoSuisse, EPFZ, NCCR Climate et OcCC (éd.). Zurich: 88 p.

CH2014-Impacts 2014: Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland. OCCR, OFEV, MétéoSuisse, C2SM, Agroscope et ProClim (éd.). Berne: 136 p.

Chaix O., Wehse H., Gander Y. & Zahner S. 2016: Identifier les régions où des actions s'imposent en cas de sécheresse. Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport d'experts. Étude menée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Berne: 165 p.

Conseil fédéral suisse 2014a: 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.

Conseil fédéral suisse 2014b: Message concernant la révision totale de la loi sur l'approvisionnement du pays. Berne: 66 p.

Conseil fédéral suisse 2012a: 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 2012b: 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.

Dübendorfer C., Tratschin R., Urfer D., Zahner S. & Zysset A. 2015: Gestion des ressources en eau dans les situations exceptionnelles. Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport d'experts du 7 décembre 2015. Étude menée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Berne: 100 p. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13486/16390/16393/index.html?lang=fr.

Fuhrer J. & Calanca P. 2012: Le changement climatique influence le bien-être des vaches laitières. Recherche Agronomique Suisse 3 (3): p. 132–139.

Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler C. & Braun-Fahrländer C. 2005: Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. Swiss Medical Weekly 2005 (135): Pp. 200–205.

Handelszeitung, 6 novembre 2015: Für Regen beten – sonst geht der Schweiz das Heizöl aus. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.handelszeitung.ch/konjunktur/fuer-regen-beten-sonst-geht-der-schweiz-das-heizoel-aus-909691.

KWB 2015: Production mensuelle d'électricité à fin décembre 2015 (en allemand). Kraftwerk Birsfelden AG. Consulté pour la dernière fois le 23 mai 2016 sur: www.kw-birsfelden.ch/en/statistik/monatliche-stromproduktion-in-gwh/ (fichier PDF).

Luterbacher J., Dietrich D., Xoplaki E., Grosjean M. & Wanner H. 2004: European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500, Science, 303: p. 1499–1503.

Meier F., Queloz V., Forster B., Odermatt O., Angst A. & Hölling D. 2016: Waldschutz-Überblick 2015. WSL Ber. 45: 32 S.

Meier F., Forster B. & Queloz V. 2016: Borkenkäfer – weitere Zunahme des Buchdrucker-Befalls. Bergahorne mit verzögertem oder unvollständigem Austrieb im Jahr 2015. Waldschutz Aktuell 1/2016: 3 S. Unter www.waldschutz.ch/wsinfo/wsaktuell_DE abgerufen am 8.7.2016.

MétéoSuisse 2016: Der Hitzesommer 2015. Fachbericht MeteoSchweiz, Nr. 260, 67 p.

MétéoSuisse 2014: Scénarios climatiques Suisse – un aperçu régional. Rapport technique de MétéoSuisse, n° 243, 36 p.

MétéoSuisse 2004: Annalen der MeteoSchweiz 2003. MétéoSuisse, Zurich, 176 p.

Mosimann E. 2005: Caractéristiques des pâturages pour vaches laitières dans l'ouest de la Suisse. Revue suisse d'agriculture. 37(3): p. 99–106.

Munz N. 2009: Abwärmeimmissionen in Gewässer. Relevanzanalyse. Praktikumsarbeit im Rahmen der obligatorischen Berufspraxis des Masters Umweltnaturwissenschaften, ETH Zürich (non publié).

NZZ, 25 juillet 2015: Armee-Einsatz wegen Trockenheit: Wenn das Wasser per Helikopter kommt. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.nzz.ch/schweiz/wenn-das-wasser-per-helikopter-kommt-1.18585339.

OFEFP, OFEG & MétéoSuisse 2004: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer (en allemand avec résumé en français). Cahier de l'environnement n° 369, Berne: Office fédéral de n° 369, Berne: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 174 p.

OFEG 2003: Plongée dans l'économie des eaux. Découvrez le monde fascinant de l'économie des eaux en Suisse. Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), Berne-Ittigen, 24 p.

OFEN 2014: Statistique suisse de l'électricité 2014. Office fédéral de l'énergie, 56 p.

OFEV 2016a: Hitzesommer/Trockenheit 2015 – Kommunikative Bewältigung. Évaluation non publiée de l'Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne: 4 p.

OFEV 2016b: Projet pilote d'adaptation aux changements climatiques «Assurance fourragère fondée sur un indice». Description du projet consultée pour la dernière fois le 3 juin 2016 sur: http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14401/14914/14926/index.html?lang=fr.

OFEV 2016c: Projet pilote d'adaptation aux changements climatiques «Préparation des élevages laitiers au changement climatique: l'eau avant le lait (milClim)». Description du projet consultée pour la dernière fois le 3 juin 2016 sur: http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14401/14916/14942/index.html?lang=fr.

OFEV 2016d: Projet pilote d'adaptation aux changements climatiques «Gestion optimale des ressources en eau pour l'agriculture – utilisation de prévisions des réserves et besoins en irrigation». Description du projet consultée pour la dernière fois le 3 juin 2016 sur: http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14401/14914/14924/index.html?lang=fr.

OFEV 2016: NABEL – La pollution de l'air 2015. Résultats du Réseau national de l'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. État de l'environnement n° 1624: 132 p.

OFEV 2015: Rapports annuels et mensuels NABEL. Office fédéral de l'environnement (OFEV). Documents consultés pour la dernière fois le 2 juin 2016 sur: http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick_zurueck/10576/index.html?lang=fr.

OFEV 2014: Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen. En allemand avec résumé en français. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1404: 116 p.

OFEV 2013: Différentes évolutions de la diversité végétale. MBD FACTS n° 6: Évolution de la diversité végétale. Berne: Office fédéral de l'environnement (éd.), 5 p.

OFEV 2012: Traces du changement climatique? MBD FACTS n° 4: Changement climatique. Berne: Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), 5 p.

OFEV 2010: Le réchauffement modifie la biodiversité. MBD FACTS n° 1: Évaluation spéciale relative aux papillons diurnes. Berne: Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), 3 p.

OFEV 2009: Résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA). État et évolution de 2004 à 2006. État de l'environnement. N° UZ-0903-F. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne 144 p.

Orth, R. & Seneviratne S. I. 2015: Introduction of a simple-model-based land surface dataset for Europe. Env. Res. Lett. 10, 044012 (2015). Consulté pour la dernière fois le 26.5.2016 sur: http://www.iac.ethz.ch/group/land-climate-dynamics/research/swbm.html.

ProClim 2005: Hitzesommer 2003. Synthesebericht. ProClim – Forum for Climate and Global Change (éd.). Berne, 28 p.

Radio et Télévision suisse alémanique (SRF), 4 novembre 2015: Auf dem Trockenen. Baselbieter Bauern kämpfen gegen Trockenheit. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: http://www.srf.ch/meteo/meteo-news/auf-dem-trockenen.

Radio et Télévision suisse alémanique (SRF), 11 novembre 2015: Die Bauern leiden unter der Trockenheit: «Das gab es noch nie». Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.srf.ch/sendungen/heutemorgen/die-bauern-leiden-unter-der-trockenheit-das-gab-es-noch-nie.

Radio et Télévision suisse alémanique (SRF), 20 novembre 2015: Knappes Wasser in Amden. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.srf.ch/news/regional/ostschweiz/knappes-wasser-in-amden.

Schweizer Bauer, 22 juillet 2015: Grosseinsatz: Armee tränkt 20'000 Tiere auf Waadtländer Alpen. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.schweizerbauer.ch/tiere/milchvieh/grosseinsatz-armee-traenkt-20000-tiere-auf-waadtlaender-alpen-23548.html.

Schweizer Bauer, 7 août 2015: Wasserentnahme: 10 Kantone mit Einschränkungen. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.schweizerbauer.ch/pflanzen/ackerbau/wasserentnahme-10-kantone-mit-einschraenkungen-23853.html.

Seneviratne S. I., Lehner I., Gurtz J., Teuling A.J., Lang H., Moser U., Gerbner D., Menzel L., Schroff K., Vitvar T. & Zappa M. 2012: Swiss prealpine Rietholzbach research catchment and lysimeter: 32 year time series and 2003 drought event. Water Resour. Res. 48(6), W06526: 20 p.

SLF 2016: Impact de l'été caniculaire de 2015 sur les écroulements rocheux. WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF. Consulté pour la dernière fois le 27 septembre 2016 sur: http://www.slf.ch/ueber/organisation/schnee_permafrost/projekte/felsstuerze_2015/index_FR.

Solothurner Zeitung, 20 juillet 2015: 24-Stunden-Bewässerung: Hitze sorgt für Einbussen bei den Bauern. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.solothurnerzeitung.ch/solothurn/kanton-solothurn/24-stunden-bewaesserung-hitze-sorgt-fuer-einbussen-bei-den-bauern-129354855.

Südostschweiz, 31 juillet 2015: Freiburger Kühe weiterhin von Armee getränkt. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.suedostschweiz.ch/panorama/2015-07-31/freiburger-kuhe-weiterhin-von-armee-getrankt.

Swissgrid 2016a: Situation de l'approvisionnement énergétique et du réseau de transport lors de l'hiver 2015/2016. Consulté pour la dernière fois le 23 mai 2016 sur: https://www.swissgrid.ch/swissgrid/fr/home/current/situation_winter_1516.html.

Swissgrid 2016b: Tensions sur le réseau de transport et dans l'approvisionnement énergétique: levée générale de l'alerte. Consulté pour la dernière fois le 23 mai 2016 sur: https://www.swissgrid.ch/swissgrid/fr/home/current/news/_06_04_2016_01.html.

Tagesanzeiger, 25 juillet 2015: Bauern leiden unter Ernteausfällen. Consulté pour la dernière fois le 1er juin 2016 sur: www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/bauern-leiden-unter-ernteausfaellen/story/14639929.

Tratschin R., Dübendorfer C. & Fu R. 2016: Hitze und Trockenheit im Sommer und Herbst 2015. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft. Rapport d'experts établi sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV (non publié).

Vittoz P., Cherix D., Gonseth Y., Lubini V., Maggini R., Zbinden N. & Zumbach S. 2011: Klimawandel. In: Lachat T. et al. (éd.): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich und Haupt-Verlag, Berne. p. 350–377.

> Pour en savoir plus: www.bafu.admin.ch/climat