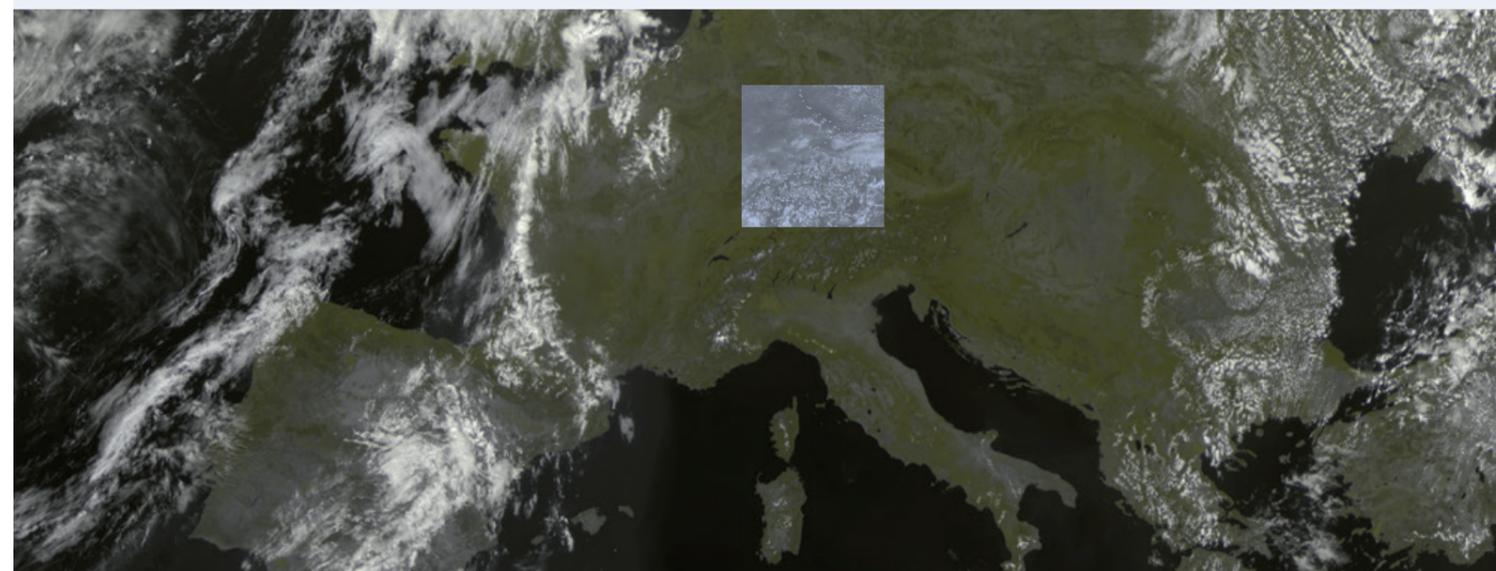


Le changement climatique en Allemagne du Sud

Défis – Ajustements



EFFETS SUR LA GESTION DES EAUX



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



SOMMAIRE

1	LE DÉFI DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	4
2	CHANGEMENTS RÉGIONAUX	6
3	INSTRUMENTS DE LA RECHERCHE CLIMATIQUE	8
4	STRATÉGIES D'ADAPTATION	10
5	NAPPE PHRÉATIQUE	12
6	BASSES EAUX	14
7	CRUES	16
8	FORTES PLUIES	18
9	ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES	20
10	TEMPÉRATURE DES EAUX / PERSPECTIVES	22/23

MENTIONS LEGALES / EDITEUR

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

(Institut régional de l'Environnement, des Mesures et de la Protection de la Nature du Bade-Wurtemberg)

Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe

Pour le compte du

Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

(Ministère de l'Environnement, du Climat et des Ressources énergétiques du Bade-Wurtemberg)

Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Office bavarois pour l'Environnement)

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160

86179 Augsburg

Pour le compte du

Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz

(Ministère bavarois de l'Environnement et de la protection des consommateurs)

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

(Office régional de l'Environnement de

Rhénanie-Palatinat)

Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz

Pour le compte du

Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz

(Ministère de l'Environnement, de l'Énergie, de l'Alimentation et des Forêts de Rhénanie-Palatinat)

Deutscher Wetterdienst

(Service allemand de météorologie)

Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach

Conception et réalisation

ÖkoMedia GmbH, Stuttgart

Crédits photographiques:

S. 1: Deutscher Wetterdienst/

EUMETSAT, © Hennegriff (LUBW)

S. 3: © Hennegriff (LUBW)

S. 4/5: © ÖkoMedia, © Hennegriff

(LUBW), RP Tübingen

S. 6/7: © Hennegriff (LUBW), fotolia

S. 8/9: Retro Stöckli, NASA

S. 10/11: © Siegfried Springer/pixelio.de

© Hennegriff (LUBW), RP Tübingen

S. 12/13: © Hennegriff (LUBW), © Huber/

pixelio.de, WWA Rosenheim

S. 14/15: © Hennegriff (LUBW), LUBW

S. 16/17: RP Tübingen, © Hennegriff (LUBW)

LfU Rheinland-Pfalz

S. 18/19: © Foltyn (LfU Bayern), RP Tübingen,

© Hennegriff (LUBW)

S. 20/21: © Hennegriff (LUBW),

Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Kerbtalgehw-Fischer

S. 22/23: © Foltyn (LfU Bayern), © Hennegriff

(LUBW)

Pour plus d'informations:

www.kliwa.de

www.um.baden-wuerttemberg.de

www.stmuv.bayern.de

www.mueef.rlp.de

www.lubw.baden-wuerttemberg.de

www.lfu.bayern.de

www.lfu.rlp.de

www.dwd.de

Édition: mai 2017

L'impression de cette brochure est neutre pour le climat.



AVANT-PROPOS

L'eau est l'un des dons les plus précieux de la nature. Nous vivons tous grâce à l'eau, par l'eau, avec l'eau. C'est à la gestion des eaux que revient la grande responsabilité de garantir durablement cette base de l'existence, mais aussi de protéger contre les dangers qu'elle recèle. Les normes qui régissent la gestion des eaux en Allemagne sont sévères. Nous protégeons nos eaux et améliorons leur état lorsque cela est nécessaire. Nous disposons de suffisamment d'eau potable de bonne qualité et investissons des millions dans l'amélioration de la protection contre les crues et dans la gestion des niveaux d'étiage.

Mais le circuit de l'eau se transforme. Le changement climatique induit également une transformation du régime hydrologique en Allemagne. Nous savons aujourd'hui que la température moyenne sur terre a déjà fortement augmenté partout dans le monde du fait de l'effet de serre et que la hausse se poursuivra. L'humanité ne pourra plus stopper cette évolution, mais dans le meilleur des cas uniquement la ralentir. Nous devons tous contribuer à ce que l'ampleur des transformations soit maintenue à un niveau maîtrisable par des mesures cohérentes et efficaces de protection du climat.

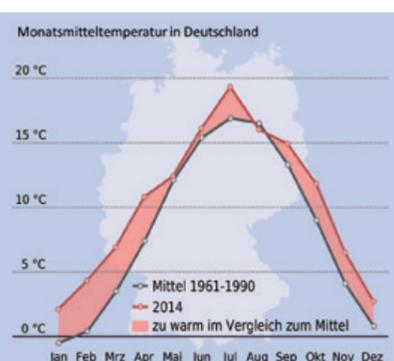
Compte tenu du changement climatique et de ses répercussions locales, nous devons nous attendre à une augmentation des épisodes météorologiques extrêmes. Selon toute vraisemblance, il y aura à l'avenir davantage de phénomènes de fortes pluies, mais aussi plus de périodes de canicule et de sécheresse. Pour la gestion des eaux, cela signifie qu'il faut évaluer les conséquences possibles, élaborer des stratégies d'adaptation en ce sens puis trouver des moyens de s'adapter à ces changements au niveau local.

Grâce aux études effectuées jusqu'à présent au sein de la coopération « Changement climatique et conséquences pour la gestion de l'eau » (KLIWA, Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft), nous sommes en mesure d'évaluer aujourd'hui pour le sud de l'Allemagne les conséquences que le changement climatique aura sur les phénomènes de crues, les basses eaux ou sur les réserves des nappes phréatiques. Ces appréciations sont entachées d'incertitudes. Parvenir à estimer correctement ces dernières et réussir malgré tout à prendre les bonnes décisions pour l'avenir constitue un défi de taille. Dans le domaine du travail de fond, il reste encore beaucoup à faire. Comment cerner avec plus de précision les incertitudes relatives aux évolutions futures et les présenter à l'opinion publique ? Quel effet a le changement climatique sur la qualité de l'eau de nos rivières et de nos fleuves ? Quelles adaptations sont tout de suite nécessaires pour répondre au principe de précaution et lesquelles le seront plus tard ?

Des mesures systématiques de préservation du climat au niveau mondial, national et régional nous permettraient de limiter les conséquences du changement climatique. Il faut donc réduire au maximum les émissions de gaz à effet de serre. Mais il nous faut également réagir aux conséquences déjà irréversibles par des mesures d'ajustement. Autrement dit, préparer le mieux possible aux changements les systèmes sensibles au climat. Pour y parvenir, la capacité d'adaptation des écosystèmes doit être augmentée et leur vulnérabilité réduite. Les connaissances scientifiques sur le changement climatique et ses conséquences doivent être systématiquement approfondies. Le projet de coopération KLIWA fournit dans ce cadre une contribution importante pour ce qui touche à une gestion des eaux durables.

Où en sommes-nous? Le défi du changement climatique

Le 4 novembre 2016 est entré en vigueur l'Accord international sur le climat, négocié au cours de la Conférence internationale de Paris sur le climat en décembre 2015. La communauté des États s'y engage à limiter le réchauffement mondial pour qu'il demeure nettement en dessous de 2 °C, si possible à 1,5 °C. C'est un objectif extrêmement ambitieux qui demande des efforts considérables pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.



LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EST CRITIQUE

Le climat de la Terre a toujours été soumis à des fluctuations naturelles au cours des millions d'années de son histoire. C'est ainsi que l'Europe a connu à certaines périodes un climat tropical, et d'autres où le continent était recouvert d'une épaisse carapace de glace. Les carottes sédimentaires et les analyses de pollen fournissent des indications sur les fluctuations climatiques traversées dans le passé par notre planète. Les données météorologiques font depuis 1860 l'objet d'enregistrements réguliers. Leur analyse montre que la température moyenne mondiale a connu une élévation d'environ 1 °C au cours des 155 dernières années, qui est même de 1,3 °C en Allemagne depuis 1881. Des phénomènes météorologiques extrêmes se sont produits au cours des dernières années : la crue centennale de 2013, l'été extrêmement sec de 2015 et dernièrement les crues soudaines du début de l'été 2016. Hasard ou changement climatique ? En tout état de cause, une adaptation au changement climatique déjà en cours est nécessaire, tout comme des mesures de prévoyance également dirigées, si possible, contre les événements extrêmes.

LA TERRE EST UNE SERRE

Nous devons l'agréable température moyenne mondiale de +15°C à l'effet de serre naturel : les gaz à l'état de trace présents dans l'atmosphère – vapeur d'eau, dioxyde de carbone et méthane – agissent comme les vitres d'une serre. Ils laissent passer les rayons solaires à ondes courtes et repoussent en partie les rayonnements de chaleur à ondes longues. On les appelle pour cette raison gaz à effet de serre. Sans cet effet naturel de serre, la température moyenne serait de -18 °C et impliquerait des conditions hostiles à la vie. Depuis le début de l'ère industrielle, la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère, qui s'était maintenue

au cours des siècles précédents au niveau relativement constant de 280 ppm (parts par million), est en hausse et se situe désormais à 405 ppm. Cet effet de serre supplémentaire anthropogène, c.-à-d. provoqué par l'homme, a une influence sur le cycle de l'eau non seulement au niveau mondial, mais aussi régional. Il exige des mesures d'adaptation régionales.

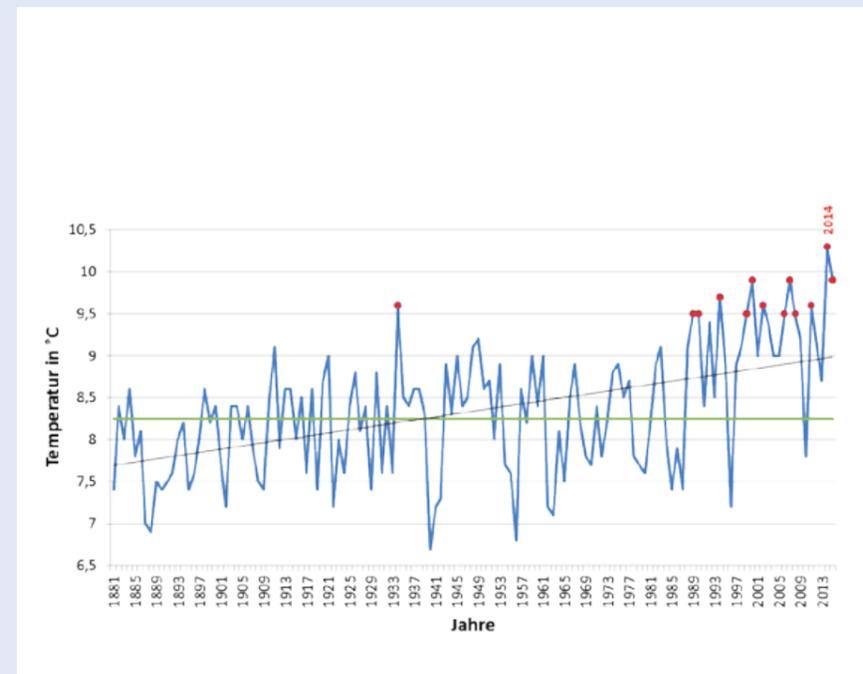
LA COOPERATION KLIWA

Les situations météorologiques et les crues extrêmes des dernières décennies en Allemagne du Sud sont-elles déjà les signes avant-coureurs éloquentes du changement climatique ? Le climat va-t-il se transformer à l'échelle régionale, et quelles conséquences cela aura-t-il sur notre principale ressource, l'eau ? Comment devons-nous y réagir ? Pour trouver la réponse à ces questions, les Länder de Bade-Wurtemberg, de Bavière et de Rhénanie-Palatinat ont donné naissance en 1999 à la coopération KLIWA. L'objectif de cette coopération interdisciplinaire entre plusieurs Länder est de montrer les répercussions possibles du changement climatique sur le régime hydrologique et l'écologie des bassins fluviaux dans le sud de l'Allemagne, et d'élaborer des recommandations d'action.

Les mesures météorologiques et hydrologiques relevées sur le long terme sont la base des études sur le changement climatique – plus les séries sont longues, meilleur est le résultat. Ces données de mesure font ressortir les évolutions du climat dans le passé. Sur cette base, le climat futur est évalué à l'aide de projections climatiques régionales. Ces données climatiques servent de fondement aux simulations du régime hydrologique futur des bassins fluviaux. Les études réalisées jusqu'à présent par KLIWA portent sur les thèmes des crues, des basses eaux, des nappes phréatiques, de l'érosion des sols et de l'écologie aquatique. Les modifications détectées permettent de déduire des recommandations pour des ajustements concrets.

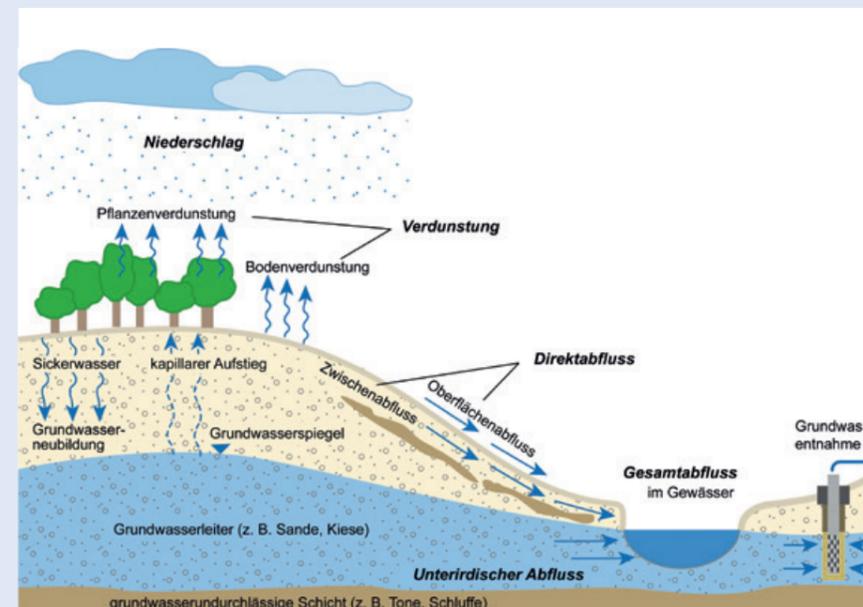
ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES EN ALLEMAGNE DE 1881 À 2015

Le graphique montre les variations de la température annuelle moyenne par rapport à la température moyenne de la période de référence 1961–1990. La moyenne de 1961–1990 est représentée en vert et la tendance linéaire sur l'ensemble de la série en noir. On constate un net réchauffement climatique, qui a sensiblement accéléré au cours des dernières décennies. Les dix valeurs annuelles moyennes les plus élevées depuis le début des relevés systématiques en 1881 sont marquées en rouge (la même valeur moyenne peut se produire à plusieurs reprises). On remarque une nette accumulation des années chaudes au XXI^e siècle.



LE CYCLE DE L'EAU

La surface de la Terre est aux deux tiers recouverte d'eau. Une partie de cette eau circule selon un cycle puissant tout autour du globe terrestre sous forme de vapeur, de liquide ou de glace. L'eau qui s'évapore de la surface de la Terre s'élève en tant que vapeur d'eau, se condense pour former des nuages et retombe à la surface sous forme de pluie ou de neige. Ces précipitations s'écoulent par les cours d'eau ou s'infiltrent dans le sol, contribuant ainsi au renouvellement des nappes phréatiques. Mais la majeure partie de l'eau s'évapore à nouveau. Le changement climatique modifie ce cycle de l'eau.



KLIWA SUR LE WEB

Pour obtenir de plus amples informations sur KLIWA, consultez la page d'accueil du site www.kliwa.de. La rubrique Publications contient de nombreux rapports sur les résultats obtenus et les méthodes employées.

Surveillance du climat dans le projet KLIWA

CHANGEMENTS RÉGIONAUX

Afin de pouvoir évaluer l'évolution qu'a connue le climat jusqu'à nos jours, il faut dans un premier temps examiner les valeurs de mesure disponibles pour le passé. Les séries de mesures réalisées sur de nombreuses années permettent de déterminer la marge de fluctuation naturelle des données météorologiques et de reconnaître des tendances. Environ 200 stations de mesure de la température et 900 stations de mesure des précipitations ont été analysées dans le sud de l'Allemagne et homogénéisées à l'échelle régionale, afin d'obtenir une base de données solide pour l'évolution climatique future.



La fonte des glaciers aura une influence considérable sur le régime hydrologique. © fotolia.com

IL FAIT PLUS CHAUD

La tendance mondiale au réchauffement s'observe également dans le sud de l'Allemagne. Au cours des années 1931 à 2015, la température moyenne dans les Länder du projet KLIWA, la Bavière, le Bade-Wurtemberg et la Rhénanie-Palatinat, a augmenté de 1,3°C en moyenne. Depuis 2001, 14 années sur 15 se sont situées au-dessus de la moyenne à long terme des températures annuelles de la période 1961-1990. 2014 a été l'année la plus chaude depuis le début des relevés en 1881, les températures se situaient cette année-là en moyenne à environ 2°C au-dessus de la moyenne à long terme. La tendance au réchauffement s'est donc encore amplifiée. Dans l'ensemble, le réchauffement depuis 1931 est plus prononcé pendant le semestre d'hiver (de novembre à avril) que pendant le semestre d'été (de mai à octobre). Au cours des 15 dernières années toutefois, le réchauffement s'est essentiellement produit en été.

ETES SECS, HIVERS PLUVIEUX

La quantité de précipitations annuelles est demeurée à peu près constante dans la plupart des régions du sud de l'Allemagne au cours de la période examinée. Mais la répartition saisonnière des précipitations a changé. Le semestre d'hiver est devenu plus humide. Les précipitations ont augmenté dans certaines régions de 16 à 27 % entre 1931 et 2015. Ce phénomène touche tout particulièrement la Forêt-Noire et le nord-ouest du Bade-Wurtemberg, en Bavière la Franconie et certaines parties de la Forêt bavaroise, et en Rhénanie-Palatinat les massifs de l'Eifel et du Westerwald. Le semestre d'été considéré sur le long terme n'est pas homogène, mais présente majoritairement une tendance à être plus sec.

PLUS DE FORTES PRÉCIPITATIONS EN HIVER

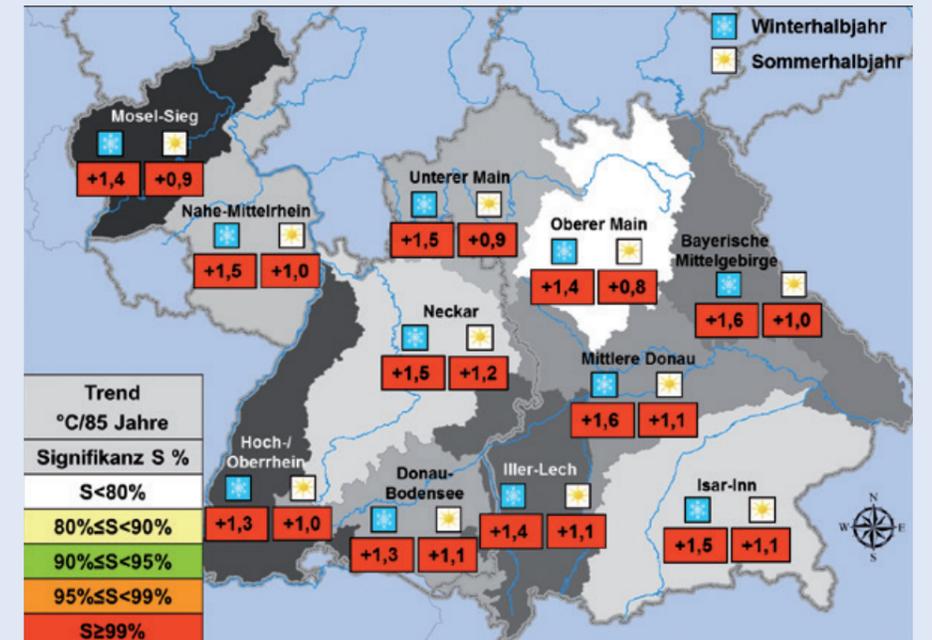
KLIWA examine également les tendances en matière de fortes précipitations sur une journée. Compte tenu de leur survenance à petite échelle, elles sont naturellement moins homogènes que les précipitations par bassin. Au cours du semestre hydrologique d'hiver, on observe toutefois dans presque la totalité du sud de l'Allemagne des tendances positives nettes au niveau régional sur la période 1931-2015 (jusqu'à +33 %), ce qui est une condition d'augmentation des phénomènes de crues hivernales. Pour le semestre d'été, il n'est pas possible d'identifier une évolution claire. Compte tenu de séries de mesures trop courtes et d'un maillage à haute résolution chronologique moins dense, il est actuellement malaisé de formuler des indications sur le comportement à long terme des phénomènes de courte durée de moins d'une journée. D'autres sources, par exemple des mesures radar des précipitations, pourront fournir le cas échéant des indications à l'avenir.

LA SUPERVISION DANS KLIWA

L'une des tâches importantes de KLIWA consiste à saisir des grandeurs climatiques et hydrologiques dans le but de constater leur variabilité et leurs modifications. Celles-ci servent de base à toutes les observations comparatives ultérieures. À cet effet, un compte rendu de supervision (dernière mise à jour en 2016) est publié tous les 5 ans sur le site www.kliwa.de.

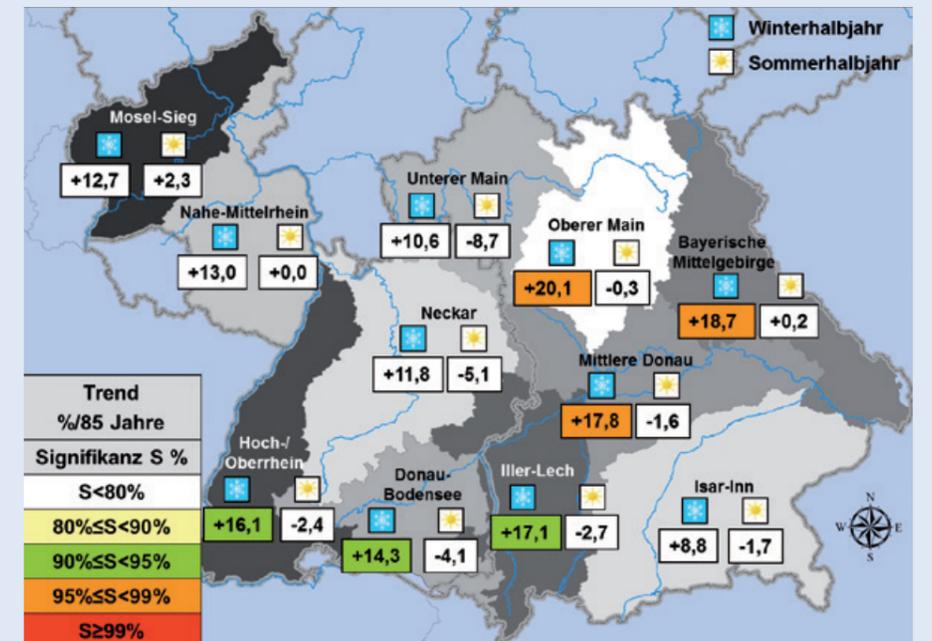
HAUSSE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR ENTRE 1931 ET 2015

Le graphique montre le changement des valeurs moyennes de la température de l'air dans les bassins au cours des semestres hydrologiques. Les hausses sont plus fortes en hiver et s'élèvent de +1,3 °C à +1,6 °C, contre +0,8 °C à +1,2 °C en été.



MODIFICATION DES PRÉCIPITATIONS PAR BASSIN ENTRE 1931 ET 2015

Le graphique montre le changement des précipitations par bassin au cours des semestres hydrologiques. On remarque des différences sensibles par saison : en été, les variations ne sont pas homogènes, tandis qu'on observe en hiver de façon générale des hausses de +9 à 20 %. Au cours des 15 dernières années, les tendances hivernales se sont atténuées, alors que des précipitations accrues étaient observées plus souvent en été.



Modélisation des évolutions futures INSTRUMENTS DE LA RECHERCHE CLIMATIQUE

Il ne fait aucun doute que le changement climatique mondial est en progression. Car l'oxyde de carbone actuellement déjà libéré dans l'atmosphère y sera actif pendant plusieurs décennies encore et contribuera à intensifier le réchauffement. Il importe par conséquent de développer des stratégies d'adaptation. Les projections climatiques mondiales et régionales ne permettent pas à elles seules de tirer des conclusions sur les conséquences du changement climatique sur la gestion de l'eau. Seuls des modèles hydrologiques à haute résolution, impulsés par des modèles climatologiques, permettent de déterminer les variations des modes d'écoulement, en particulier la modification des événements de crues ou des situations de basses eaux.

DONNEES A LA BASE DES MODELES HYDROLOGIQUES

La base sur laquelle s'appuie l'élaboration de modèles hydrologiques est constituée par de nombreux ensembles de données numériques (entre autres : modèle altimétrique numérique, classification satellite de l'exploitation des sols, spécificités des sols, réseau fluvial). Pour chaque élément de trame d'un modèle hydrologique, on peut saisir jusqu'à 16 exploitations de sol différentes avec leurs particularités en matière d'évaporation et d'écoulement.

MODELISATION DU CLIMAT

Temps, météo et climat : on entend par ces termes en météorologie et en climatologie des processus qui se déroulent dans l'atmosphère sur des périodes de différentes longueurs. Le temps est l'état de l'atmosphère à court terme, les conditions météorologiques concernent une phase de quelques semaines ou mois et le climat couvre des périodes allant de plusieurs décennies à des ères géologiques.

Les prévisions météorologiques sont souvent difficiles et se limitent avec les moyens dont nous disposons actuellement à une période de 5 à 7 jours. L'évaluation à long terme de l'évolution du climat de la Terre est une tâche mille fois plus complexe, car un grand nombre de paramètres et de grandeurs influent les uns sur les autres et tous les processus ne sont pas suffisamment connus. Les modèles climatiques mondiaux s'appuient sur un modèle atmosphérique que vient compléter un modèle océan, neige, glace et végétation. Les influences anthropogènes (le « facteur humain ») sont prises en compte par les différentes hypothèses relatives aux émissions de gaz à effet de serre (scénarios SRES), et dans la dernière génération de modèles climatiques par des forçages radiatifs (scénarios RCP).

Le maillage d'un modèle climatique mondial (~200 km) est trop imprécis pour une estimation climatique régionale. Les particularités régionales telles que chaînes de montagne ou vallées fluviales peuvent uniquement être prises en compte par des projections climatiques régionales (~10 km). Les études effectuées au moyen des scénarios SRES sont à présent terminées. Dans les nouveaux scénarios RCP, les analyses viennent de commencer et feront également partie des missions KLIWA au cours des prochaines années. Pour une meilleure saisie des précipitations convectives, KLIWA examine

actuellement des projections climatiques à résolution encore plus élevée (~2,8 km).

MODELES HYDROLOGIQUES

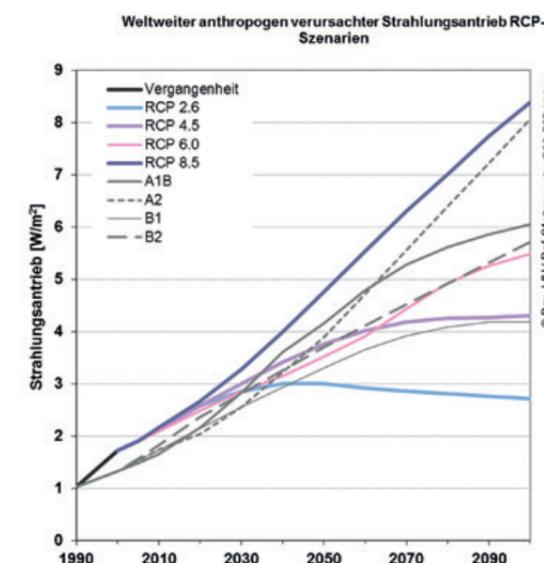
Pour obtenir des énoncés sur les répercussions du changement climatique sur la gestion des eaux, les situations futures en matière d'écoulement sont simulées à l'aide de modèles hydrologiques par des projections régionales à forçage climatique. Le rattachement entre scénario d'émissions – modèle climatique – modèle hydrologique est désigné par le terme d'enchaînement de modèles. Les modèles hydrologiques permettent de calculer la répartition dans le temps et dans l'espace des composantes hydrologiques essentielles telles que l'évaporation, les infiltrations, l'accumulation des eaux et l'écoulement. Ils donnent également la possibilité de quantifier et d'évaluer les modifications générées sur le régime hydrologique et de développer des mesures d'adaptation. Des modèles spécifiques d'hydrologie des sols sont utilisés à titre complémentaire pour déterminer le renouvellement de la nappe phréatique. Les résultats sont intégrés dans l'élaboration de mesures d'adaptation et de recommandations d'action, par exemple pour ce qui est des situations de basses eaux ou de crues.

PLAGE DE RESULTATS

Les résultats des projections climatiques sont sujets à de nombreuses incertitudes. L'observation de plusieurs projections climatiques (faisceau d'hypothèses) fait ressortir une plage possible pour le climat futur éventuel, qui permet d'évaluer sa variabilité et les incertitudes en présence. Il est indispensable de considérer les trajectoires de développement dégagées par plusieurs projections et de mettre en lumière une plage de modifications possibles.

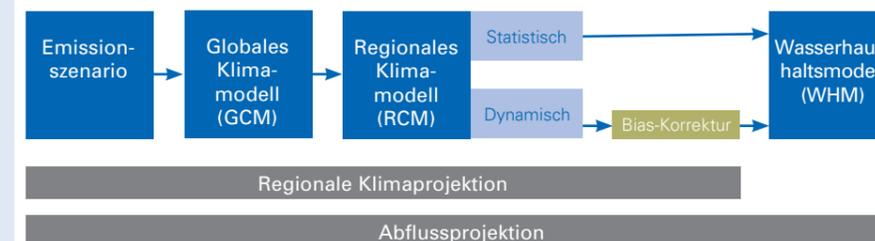
FACTEUR ANTHROPOGENE DANS LA MODELISATION CLIMATIQUE

Les scénarios RCP sont les forçages radiatifs provoqués additionnellement par l'homme; sont représentés en gris les courbes des « anciens » scénarios SRES (source des données: base de données RCP, GIEC 2007). KLIWA recourt actuellement surtout au scénario RCP8.5 et au scénario SRES A1B.



ENCHAINEMENT DE MODELES POUR LES ETUDES RELATIVES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE REGIONAL

Le rattachement nécessaire entre les modèles permettant d'établir des projections climatiques régionales et la simulation des futures causalités en matière d'écoulement est représenté sous forme d'enchaînement de modèles.



Simulations de l'avenir de notre climat

STRATÉGIES D'ADAPTATION

Pour déterminer les modifications du climat de l'avenir, différentes projections climatiques sont à disposition. Les résultats pour le « futur proche » de 2021 à 2050 présentent certes des différences régionales, la tendance générale va toutefois toujours dans le même sens : le réchauffement se poursuit, les hivers deviennent plus humides, les étés en revanche ont tendance à être plus secs. Les changements du régime hydrologique qui en résultent nécessitent des stratégies d'adaptation de la part des services de gestion des eaux.



Bassin de rétention des crues à Urlau sur l'Eschach

TENDANCE A LA CHALEUR AVEC MOINS DE NEIGE

Les projections climatiques régionales considérées pour le sud de l'Allemagne dans le projet KLIWA montrent que la température pourrait augmenter en moyenne de 0,6 à 1,8 °C jusqu'en 2050. Les hausses présentent de légères différences entre le semestre d'été et le semestre d'hiver.

La tendance actuelle aux hivers plus humides et aux étés plus secs se poursuivra : alors que par rapport à aujourd'hui les étés pourront connaître des pluies en recul jusqu'à 10 %, l'hiver enregistrera une pluviosité bien plus importante – avec dans certaines régions des hausses qui pourraient atteindre 30 %. Les plus fortes précipitations seront concentrées à l'avenir également dans les zones de barrage météorologique des régions KLIWA alimentées par l'ouest. En outre, on assistera en hiver à une nette recrudescence des jours de fortes précipitations (plus de 25 mm), qui pourront même doubler dans certaines régions. En revanche, les journées sans précipitations auront tendance à être plus fréquentes en été : les périodes de sécheresse dureront donc plus longtemps.

CONCLUSION JUSQU'EN 2050

Par suite de l'effet de serre provoqué par l'homme,

- le nombre de jours de forte chaleur (plus de 30 °C) et de jours estivaux (plus de 25°C) augmentera nettement par rapport à aujourd'hui,
- les périodes de sécheresse estivale dureront plus longtemps,
- les phénomènes de fortes précipitations estivales avec inondations locales seront plus fréquents,

- les situations de temps d'ouest, qui apportent des précipitations plus abondantes, se multiplieront en hiver surtout,
- les précipitations hivernales seront davantage constituées de pluie que de neige,
- les jours de gelées (températures minimales inférieures à 0 °C) et les jours de glace (gelées persistantes) diminueront.

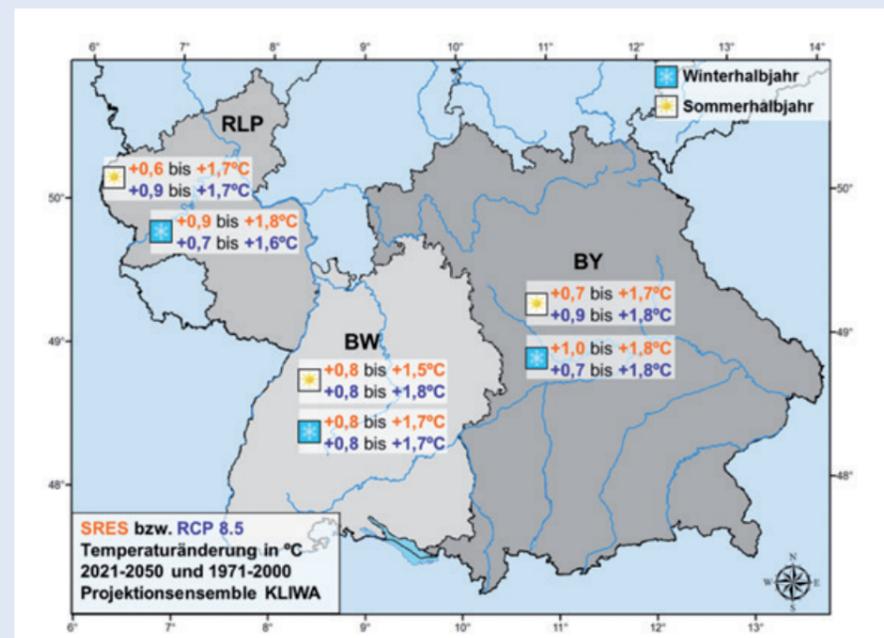
STRATEGIES D'ADAPTATION

Si KLIWA a essentiellement examiné les écoulements en régime de crue au cours des premières années, les conséquences du changement climatique sur les écoulements en régime de basses eaux, sur le renouvellement de la nappe phréatique mais aussi sur l'écologie aquatique ont été entre-temps placées au centre des études. La hausse possible des phénomènes de fortes précipitations et l'érosion des sols qui en résulte sont également intégrées dans ces études.

Les suites du changement climatique placent les Länder, les communes et en fin de compte les citoyens devant des tâches difficiles. Car il n'est possible de réagir à certaines conséquences du changement climatique prévisibles dès aujourd'hui et en partie déjà sensibles qu'avec des mesures d'adaptation concrètes. Pour cette raison, des stratégies d'ajustement à la fois efficaces, solides et flexibles doivent être développées et tenir compte non seulement d'aspects hydrologiques mais aussi politiques, sociaux et économiques. Les principes de durabilité et d'impact environnemental jouent un rôle tout aussi important que les incertitudes et que les interactions entre la préservation et l'adaptation du climat.

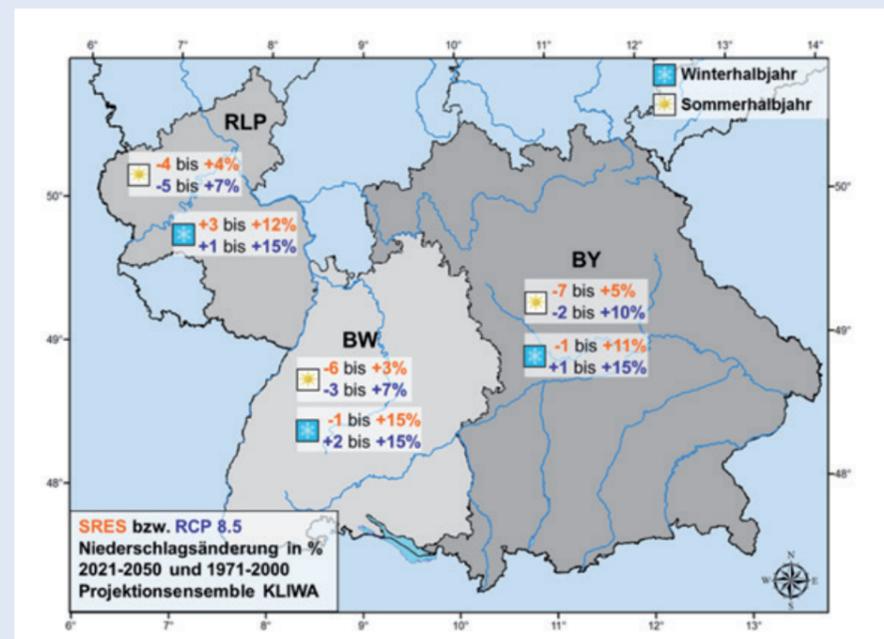
HAUSSE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR JUSQU'EN 2050

La carte représente la modification de la température de l'air en comparant les deux périodes 2021-2050 et 1971-2000. Les chiffres représentent la base actuelle dans KLIWA, avec des variations fondées sur le SRES A1B par rapport aux variations de projections climatiques récentes fondées sur le RCP8.5 (15e et 85e centiles). La température continue à augmenter en hiver et en été. Les variations sont en général un peu plus faibles en été qu'en hiver.



CHANGEMENT DES PRECIPITATIONS PAR BASSIN JUSQU'EN 2050

La carte représente la modification des précipitations par bassin en comparant les deux périodes 2021-2050 et 1971-2000. Les chiffres représentent la base actuelle dans KLIWA, avec des variations fondées sur le SRES A1B par rapport aux variations de projections climatiques récentes fondées sur le RCP8.5 (15e et 85e centiles). Les variations diffèrent en fonction des saisons, les hivers deviennent largement plus humides, les étés en revanche ont tendance à être plus secs.



Notre principale réserve d'eau potable NAPPES PHRÉATIQUES

En Allemagne du Sud, l'eau potable provient à environ 80 % des nappes phréatiques. Les effets du changement climatique sur le régime des nappes phréatiques sont déjà identifiables et revêtent une importance particulière pour la gestion de l'eau. L'approvisionnement en eau potable doit être assuré à l'avenir également, même dans le cadre de conditions climatiques en mutation.



Nos sources sont encore abondantes et les réserves de nos nappes phréatiques bien remplies.

LES VALEURS MESURÉES FONT APPARAÎTRE DES CHANGEMENTS

Les niveaux des nappes phréatiques et les déversements sont observés depuis plusieurs décennies, sur certains points de mesure même depuis plus de 100 ans. Les séries de données obtenues font donc apparaître des évolutions à long terme pour les niveaux des nappes phréatiques et les déversements. Une analyse systématique des séries chronologiques de mesures issues des principaux aquifères du Bade-Wurtemberg, de Bavière et de Rhénanie-Palatinat a montré que sur environ 2/3 des points de mesure examinés, on observe des niveaux de nappes phréatiques et des déversements en baisse. De même, la valeur maximale des variations saisonnières est enregistrée de plus en plus tôt sur la majorité des points de mesure : le résultat d'hivers plus chauds et d'une baisse de l'enneigement.

EVOLUTION DU RENOUVELLEMENT DES NAPPES PHRÉATIQUES

Les résultats d'une modélisation du régime des eaux souterraines fournissent pour la région du sud de l'Allemagne des calculs qui permettent une comparaison méthodologique pour la période 1951-2015, et la mise en lumière des variations dans le passé. Le renouvellement moyen de la nappe phréatique en Allemagne du Sud (Fig. en haut à droite) a été de 185 mm sur l'ensemble de la période. L'observation des années individuelles fait apparaître que dans le passé proche, le renouvellement annuel n'a été dans le meilleur des cas que moyen (Fig. en bas à droite). C'est ainsi que le renouvellement moyen de la nappe phréatique depuis 2003 n'a plus été que de 157 mm. Pour l'avenir proche (2021-2050), on s'attend sur la base du résultat de la projection WETTREG2010 à des taux moyens de renouvellement de la nappe phréatique de 144 mm. WETTREG2010 postule de nettes

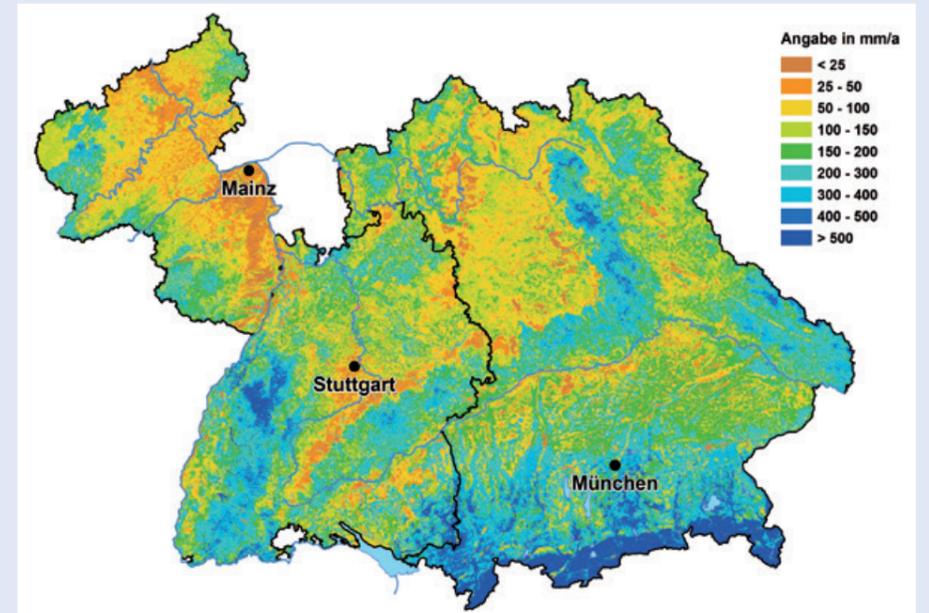
hausse de température et des précipitations en baisse sur toute l'année et est considéré comme un scénario catastrophe. L'indice de sécheresse fait lui aussi apparaître une augmentation des périodes sèches. L'indice de sécheresse décrit le nombre de jours dans l'année pendant lesquels la teneur en eau d'un sol passe en dessous de 30 % de la capacité au champ. Il ne se produit pas d'infiltration pendant cette période et la végétation subit un stress dû au manque d'eau. Alors que sur l'ensemble de la période on enregistre un déficit d'eaux souterraines sur une moyenne de 52 jours, ce nombre est passé à 61 jours depuis 2003. Dans un futur proche, on s'attend à une moyenne de 70 jours par an (WETTREG2010)

ACTION RECOMMANDÉE

L'observation régulière des volumes et de la composition des nappes phréatiques constitue la base d'une gestion durable de l'eau. Compte tenu des répercussions du changement climatique, il est indispensable de poursuivre systématiquement l'exploitation des réseaux de mesure. Comme le passé le montre déjà, des périodes de sécheresse estivale prolongées ont entraîné des pénuries d'eau localisées et limitées dans le temps. Pour éviter des situations de pénurie dans l'alimentation en eau, les solutions d'interconnexion régionale et transrégionale doivent être élargies. Le besoin en irrigation croissant de l'agriculture notamment exige des concepts durables, afin d'éviter les conflits entre groupes d'intérêt et garantir l'alimentation en eau dans l'avenir. Les phénomènes extrêmes en hausse en liaison avec le changement climatique peuvent entraîner à l'échelle locale ou régionale des niveaux provisoirement accrus de la nappe phréatique et des détériorations des bâtiments et de l'infrastructure. Cette éventualité doit être prise en compte dans l'attribution des terrains à bâtir dans les zones potentiellement menacées d'inondation.

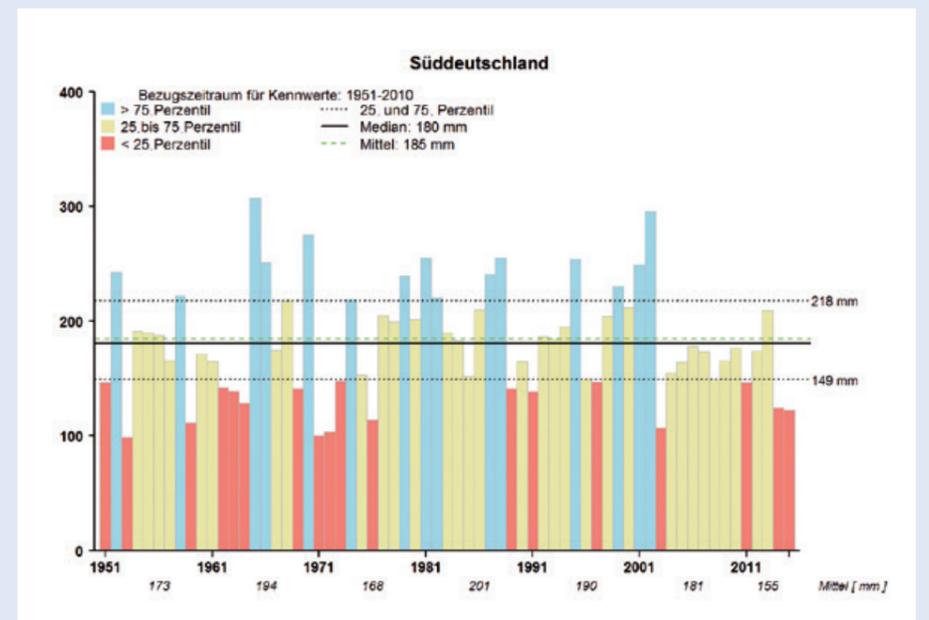
RENOUVELLEMENT ANNUEL MOYEN DES NAPPES PHRÉATIQUES PAR LES PRÉCIPITATIONS - MOYENNE A LONG TERME (1951-2015)

Le renouvellement de la nappe phréatique joue un grand rôle pour la gestion de l'eau et constitue un indicateur important de la « capacité naturelle de régénération » des ressources en eaux souterraines. Le renouvellement de la nappe phréatique de la période 1951-2015 a été calculé dans le cadre de KLIWA pour les trois États fédérés au moyen d'un modèle hydrologique des sols.



RENOUVELLEMENT ANNUEL MOYEN DES NAPPES PHRÉATIQUES PAR LES PRÉCIPITATIONS (1951-2015)

Évolution du renouvellement annuel de la nappe phréatique par les précipitations en Allemagne du Sud (Bade-Wurtemberg, Bavière et Rhénanie-Palatinat) sur la période 1951-2015. Pour comparaison, les valeurs spécifiques de long terme de la période 1951-2015 sont fournies.



Des périodes sèches plus fréquentes et plus longues BASSES EAUX

Les étés plus secs et plus chauds à venir auront pour conséquence un abaissement du niveau des eaux. Ces phases de basses eaux ne sont pas seulement un problème pour la navigation fluviale, elles causent aussi des difficultés à l'agriculture, au secteur énergétique, à l'alimentation en eau potable, tout comme aux exploitations industrielles et commerciales qui ont besoin d'eau pour leurs processus de production (p. ex. l'industrie du papier). Les conséquences économiques de longues périodes de sécheresse et les dommages qui en découlent pour les économies nationales peuvent être sévères : à cela s'ajoute qu'en plus des aspects concernant la gestion de l'eau, l'écologie aquatique est tout aussi touchée et altérée par un faible niveau des eaux.



Basses eaux sur le Vieux Rhin en novembre 2015.

EVOLUTIONS DEFAVORABLES DU REGIME HYDROLOGIQUE DANS LES BASSINS FLUVIAUX

Le changement climatique accompagné de températures accrues entraîne une intensification du cycle de l'eau. Par conséquent, les événements météorologiques extrêmes seront plus fréquents. Les crues soudaines de l'année 2016 avec une trop grande quantité d'eau en un endroit et pendant un temps court se sont produites alors qu'un espace beaucoup plus large connaissait une période de manque d'eau prolongée: avant l'été caniculaire de 2015 déjà, les niveaux des nappes phréatiques étaient très bas et du fait d'hivers secs ont à peine réussi à se reconstituer. Les rivières et les fleuves transportent donc moins d'eau pendant les périodes où ils devraient être normalement bien remplis. La gestion des eaux doit désormais se préparer à de telles situations.

MOINS DE PLUIE ET PLUS D'EVAPORATION = MOINS D'ÉCOULEMENTS EN ÉTÉ

Au cours des mois d'été, la plupart des échelles de jauge du Bade-Wurtemberg et de Bavière du Sud ainsi qu'un certain nombre d'échelles de jauge de Rhénanie-Palatinat enregistrent des baisses sur le long terme (1951-2015). Ces changements sont particulièrement visibles pendant les mois de juin à octobre, mais avec des différences d'intensité selon les régions. En revanche, les échelles de jauge en Bavière du Nord et dans certains points de Rhénanie-Palatinat n'affichent pratiquement pas de changement, voire présentent des écoulements accrus en régime de basses eaux.

L'ensemble des projections d'écoulement KLIWA pour le sud de l'Allemagne

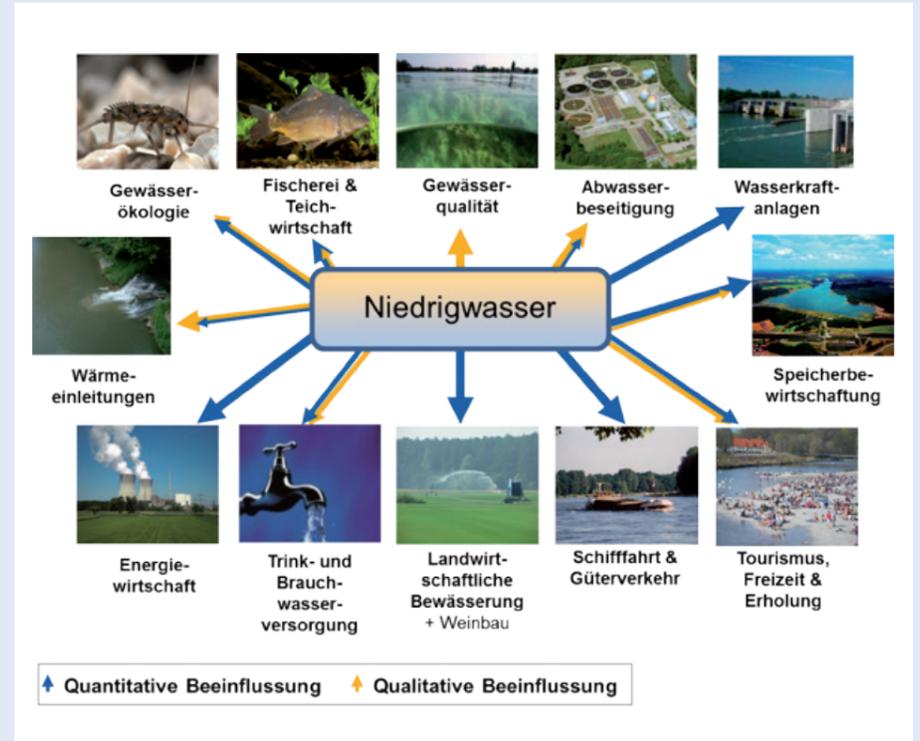
fait apparaître pour le semestre d'été, en raison du changement climatique, des évolutions différentes de la situation en régime de basses eaux, illustrées ici par des points de mesure sélectionnés : la plupart des échelles de jauge tend à une faible baisse des écoulements estivaux en régime de basses eaux allant jusqu'à 15 %. Mais on trouve également des niveaux sans variation nette ou même certaines rares hausses des écoulements. Pour le semestre d'hiver, il n'apparaît pour l'essentiel pas de changement du régime des étiages dans un futur proche. Sur le reste du siècle, il faut s'attendre dans toute l'Allemagne du Sud à une aggravation de la situation des basses eaux pendant le semestre d'été, c.-à-d. des écoulements plus faibles et des phases de basses eaux plus fréquentes

QUE FAIRE?

Une série de mesures est nécessaire pour atténuer les suites d'une fréquence accrue des basses eaux et de la sécheresse. Il s'agit d'une part de mesures opérationnelles à court terme comme la restriction ou l'interdiction des prélèvements d'eau, qui peuvent être prises dans des cas concrets de situations déficitaires en eau. On a besoin d'autre part de mesures à long terme, comme l'amélioration des infiltrations ou l'augmentation de la rétention d'eau en surface, qui ont une action préventive pour les futurs niveaux d'eau faibles. La concertation avec tous les acteurs concernés importe beaucoup ici afin de minimiser les conflits d'utilisation. KLIWA examine par des études de cas les effets, les conflits et les options d'action relatifs aux basses eaux. Des scénarios de crise, autrement dit la simulation de conditions de basses eaux extrêmes, servent de base de discussion pour le traitement de telles situations.

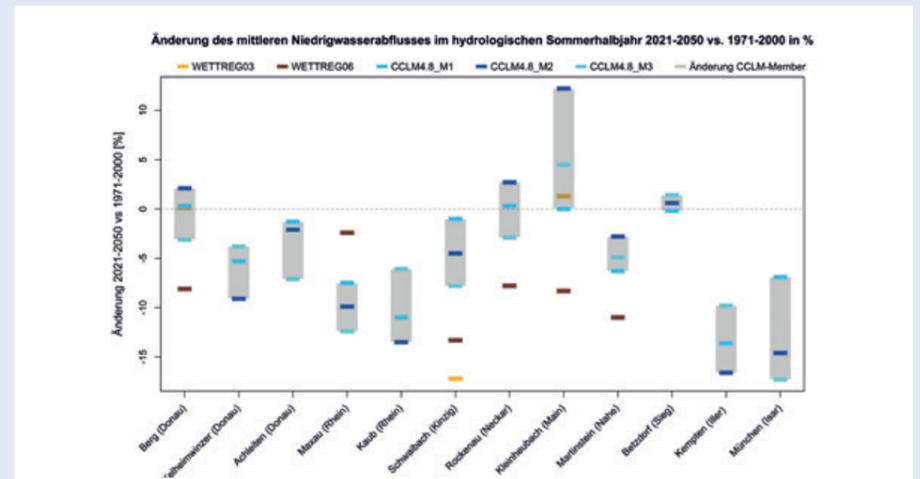
IMPACT DES BASSES EAUX SUR L'ÉCOLOGIE ET L'ÉCONOMIE

De nombreuses utilisations économiques de l'eau et fonctions écologiques peuvent être altérées par le déficit en eau, puisqu'elles ont besoin soit d'une quantité, soit d'une qualité d'eau suffisantes. Ces utilisations dépendent en outre souvent d'un réseau d'interactions multiples. En cas de recul de la disponibilité de l'eau, des conflits peuvent se produire sur son utilisation.



MODIFICATION DE L'ÉCOULEMENT MOYEN EN BASSES EAUX DANS UN FUTUR PROCHE

Modification de l'écoulement moyen en régime de basses eaux MNQ pendant le semestre d'été hydrologique (mai à octobre) : comparaison entre le futur proche (2021-2050) et la référence (1971-2000). Sont représentées des échelles de jauge sélectionnées dans le Bade-Wurtemberg, en Bavière et en Rhénanie-Palatinat.





La stratégie du «flexible and no regret» CRUES

Les perspectives d'évolution possibles du climat au cours des décennies à venir sont entachées d'incertitudes. Toutes les études de crues actuelles font néanmoins apparaître qu'il faut s'attendre dans le futur à des épisodes de crues plus fréquents. Compte tenu du large éventail des résultats possibles, la flexibilité et le principe de précaution sont à l'ordre du jour en matière d'adaptation. Adaptation ne signifie toutefois pas la nécessité de construire partout de hauts murs de protection. Il convient de privilégier des mesures de gestion du risque de crue qui sont utiles à long terme, capables de couvrir un large éventail d'événements et si possible intéressantes sous d'autres aspects.



ÉCOULEMENTS EN HAUSSE, ÉPISODES DE CRUES EN HAUSSE

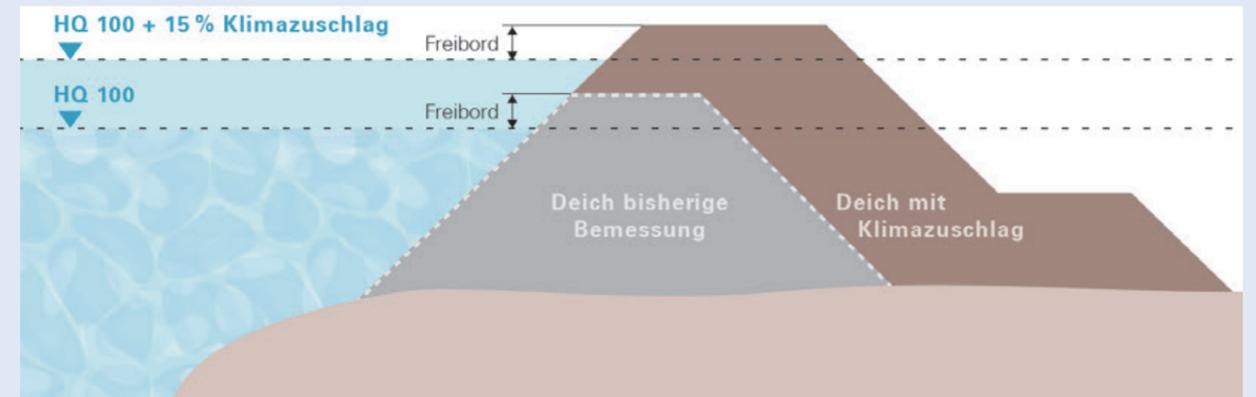
Dans le domaine des écoulements en régime de crue aussi, le changement climatique peut être attesté par les statistiques depuis le milieu des années 1970 environ. Les simulations des régimes hydrologiques des bassins fluviaux dans les trois Länder KLIWA montrent que les écoulements en régime de crue augmenteront à l'avenir en hiver surtout dans la plupart des régions. Depuis le début des années 2000, des stratégies et des spécifications ont par conséquent été adoptées pour la planification de nouveaux dispositifs de protection contre les crues, dans le but de tenir compte des effets du changement climatique dans le dimensionnement de ces installations. Ainsi, la valeur de crue centennale (HQ100) pour le Neckar devra être dorénavant multipliée par un facteur de changement climatique de 1,15, ce qui signifie que les ouvrages techniques seront dimensionnés à l'avenir pour un écoulement supérieur de 15% à la valeur de référence actuelle, ou prévus de manière à pouvoir être rectifiés ultérieurement si nécessaire. HQ100 représente le débit de crue qui est, statistiquement parlant, dépassé une fois tous les 100 ans (voir la Fig. page ci-contre en haut).

MESURES D'ADAPTATION – LA CHARGE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets du changement climatique sur les écoulements de crue sont très différents selon les régions. Dans le Bade-Wurtemberg par exemple, un facteur de changement climatique de 1,25 a été établi pour la région du Haut Danube. Les petites et moyennes crues et inondations connaîtront elles aussi une recrudescence. L'écoulement HQ5 pour un événement de crue qui survient actuellement à peu près tous les cinq ans enregistre dans la région du Haut Danube une hausse d'environ

67%. L'actuelle valeur HQ5 du Haut Danube doit donc à l'avenir être multipliée par le facteur de changement climatique de 1,67. Dans la région des affluents du Haut-Rhin, le facteur de changement climatique est par exemple de 1,45 pour HQ5. C'est dans la région du lac de Constance-Haute Souabe que ce facteur est le plus faible (1,24).

Sur la base des premiers résultats d'étude KLIWA, un facteur de changement climatique a également été introduit en Bavière en 2004, à savoir un facteur global de 15% ajouté à la valeur statistique de HQ100. De la sorte, les effets du changement climatique escomptés dès aujourd'hui sont en général pris en compte dans la planification de nouvelles mesures gouvernementales de protection contre les crues. Les bases du facteur de changement climatique sont régulièrement contrôlées et affinées par de nouvelles études. Ces résultats ont confirmé jusqu'à présent les mesures prises en 2004. En Rhénanie-Palatinat, le dimensionnement des mesures de protection contre les crues s'appuie toujours sur les conditions marginales du cas particulier. Il varie en fonction de la dangerosité pour la population, des dommages potentiels induits par l'inondation et des considérations de rentabilité. Au cours des dernières années, des études d'écoulement ont été effectuées sur tout le territoire de la Rhénanie-Palatinat et du Rhin moyen. De premiers résultats montrent pour «l'avenir proche» (2021 à 2050) sur le Rhin supérieur en Rhénanie-Palatinat que les petits écoulements de crue, c.-à-d. les écoulements avec probabilité de survenance élevée, connaîtront une nette hausse. Ces écoulements plus fréquents à escompter se situent dès aujourd'hui, dans les zones protégées par des digues, à un niveau maîtrisable par le recours à des mesures de rétention des crues et à des installations techniques de protection contre les crues.



FACTEUR DE MAJORATION AU TITRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Une majoration ajoutée à l'écoulement actuel en période de crue permet de tenir compte, dans le dimensionnement des ouvrages anti-crues, de l'influence possible du changement climatique. Le franc-bord sert à empêcher le passage de l'eau par-dessus les ouvrages anti-crue, p. ex. à la suite d'un relèvement du niveau des eaux en raison du vent.



CAS PARTICULIER DU RHIN SUPERIEUR

Compte tenu de la problématique particulière du Rhin dont l'écoulement se forme en Suisse, de l'aménagement du Rhin supérieur, etc., la section du Rhin correspondant à peu près au fossé rhénan a été laissée de côté pour les premières études d'écoulement effectuées dans le cadre de KLIWA. On dispose entre-temps de projections climatiques plausibles pour l'ensemble du bassin versant du Rhin, donc pour la Suisse également. Il existe en outre des modèles hydrologiques appropriés, qui englobent notamment l'effet de rétention du lac de Constance et des grands lacs en bordure des Alpes, et qui tiennent compte de tout le bassin versant du Rhin jusqu'à l'échelle de jauge de Worms (bassin versant d'env. 69 000 km²). Le régime des eaux du Rhin jusqu'à l'échelle de jauge de Worms est influencé en particulier par la formation des écoulements dans les Alpes suisses, donc par la variation saisonnière de l'enneigement et de la fonte des neiges. Les quantités d'eau maximales surviennent par conséquent au cours de l'été hydrologique de mai à octobre. Des analyses des variations relatives entre le scénario d'avenir 2021-2050 et la situation effective 1971-2000 pour les échelles de jauge du Rhin montrent qu'il ne faut pas s'attendre à des modifications importantes pour les écoulements moyens en régime de crue. Au cours du semestre

d'été, qui voit les écoulements les plus importants, on peut même compter sur de légers reculs des écoulements moyens en régime de crue, à l'exception des mois de mai et d'octobre. Dans le semestre d'hiver de novembre à avril, les simulations font apparaître des hausses de moins de 10%. Au vu d'aujourd'hui, on n'identifie pas pour le futur proche et jusqu'en 2050 d'aggravations de l'écoulement moyen en régime de crue aux échelles de jauge du Rhin. Les écoulements de crues extrêmes font apparaître une tendance à des valeurs plus élevées, qui est toutefois nettement plus faible aux échelles de jauge avec régime nival (c.-à-d. influencé par la fonte des neiges) qu'aux échelles de jauge avec régime pluvial. La hausse se situe p. ex. pour HQ100 aux échelles de jauge du Rhin supérieur à régime nival entre +3% et +5% (Bâle, Maxau, Worms), elle est donc beaucoup plus faible qu'aux échelles de jauge avec régime pluvial, comme au point de jauge de Rockenau sur le Neckar avec +12%. Sur le Rhin moyen (Mayence, Kaub), les tendances observées sur le Rhin supérieur se poursuivent dans une large mesure, mais des hausses plus importantes ne peuvent pas être exclues en dessous de l'embouchure de la Moselle.

Un danger accru ? FORTES PLUIES

Les phénomènes de fortes pluies sont caractérisés par de grandes quantités de précipitations en un court temps. Ils ont une faible étendue spatiale et constituent un risque d'inondation difficile à calculer. Avec le changement climatique et le réchauffement projeté pour l'avenir, le potentiel de quantités de précipitations accrues augmente logiquement, et donc aussi le risque d'épisodes de précipitations plus fréquents et plus extrêmes. Il existe néanmoins également des facteurs météorologiques qui vont à l'encontre de cette tendance, comme la modification des situation météorologiques.



Fortes pluies à Braunsbach, le 29 mai 2016

FORTES PRECIPITATIONS

Pour étudier les tendances à long terme de la fréquence et de l'intensité des fortes précipitations, et pour les différencier de la variabilité naturelle, il faut recourir à des mesures sur de nombreuses décennies. Les analyses de tendances sont rendues encore plus difficiles par le fait que les fortes précipitations ne sont pas toujours repérées par le réseau de mesure en présence. KLIWA a examiné les hauteurs de précipitations de bassins maximaux d'une durée d'un jour. Sur la période 1931-2015, elles ont augmenté pratiquement partout dans le sud de l'Allemagne, même si la certitude statistique et l'intensité (+33 % max.) diffèrent grandement selon les régions. Il n'est pas possible d'identifier une évolution claire pour le semestre d'été. Toutefois, les événements déclencheurs de crues soudaines et d'érosion des sols sont en général de courte durée, qui sont certes contenus dans les précipitations journalières considérées, mais qui ne peuvent pas être clairement délimités.

La base de données pour les analyses de précipitations de moins de 24 heures est nettement moins bonne. Les données radar dont on dispose en Allemagne depuis 15 ans indiquent à l'échelle régionale une augmentation des fortes précipitations de courte durée. Cependant, ces résultats reposent sur des séries chronologiques trop courtes pour être pertinents. Ils peuvent néanmoins compléter utilement les analyses des données de stations météorologiques. p. ex. pour des comparaisons sur des portions de périodes. Pour des résultats plausibles, la recherche doit encore être poursuivie. Il en va de même pour les données des projections climatiques. Ici, il est impératif de recourir à des modèles incluant le facteur de convection pour les précipitations de courte durée. Des projections de ce type existent certes déjà, mais la base de données

pour des analyses d'ensemble commence à peine à être peu à peu constituée.

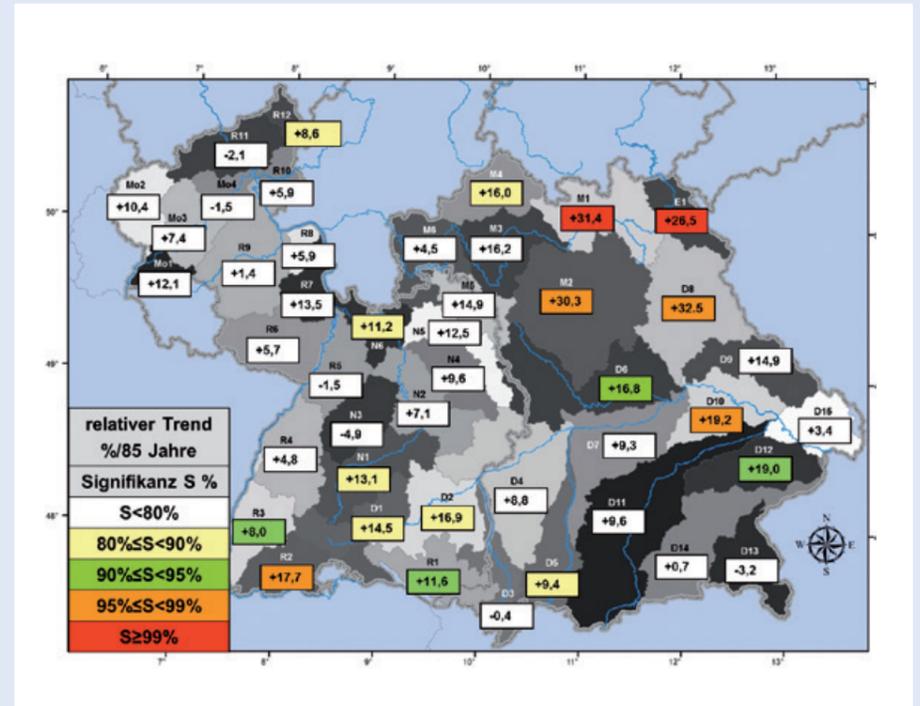
ADAPTATION – QUE PEUVENT FAIRE LES COMMUNES ?

Du fait de l'espace réduit sur lequel se produisent les épisodes convectifs et de leur faible prédictibilité, n'importe quelle commune peut en principe être touchée par des phénomènes de fortes pluies. Les communes devraient pas conséquent tenir compte des risques pour les habitants et des dommages éventuels sur les édifices et l'infrastructure dus aux fortes pluies, et prendre des mesures préventives adéquates. Différentes actions sont en cours à l'échelle des Länder : le Bade-Wurtemberg et la Rhénanie-Palatinat ont publié ensemble un guide intitulé « Fortes pluies – Que peuvent faire les communes ? ». Une occupation des sols adaptée contribue à réduire autant que possible le risque d'érosion et ses suites sur les sites menacés (voir également les « Bonnes pratiques techniques » pour les surfaces cultivées).

Dans le Bade-Wurtemberg, un autre guide a été élaboré sur la gestion communale du risque de fortes pluies. Le Land propose ainsi aux communes une procédure homogène d'analyse des dangers et des risques comme base pour un concept d'action communal. À l'aide de cartes sur les dangers de fortes pluies, les communes peuvent évaluer les zones où les ruissellements de surface s'accumulent et là où ils s'écoulent. Sur cette base, des mesures peuvent être élaborées pour éviter dans la plus large mesure possible des dégâts éventuels en cas d'urgence. L'accent porte sur les aménagements publics, l'infrastructure, les zones résidentielles, les zones industrielles et commerciales, et sur l'information du public et de toutes les parties concernées sur les dangers des fortes pluies.

MODIFICATION DES PRECIPITATIONS MAXIMALES PAR BASSIN ENTRE 1931 ET 2015

Évolution des hauteurs max. de précipitations par bassin d'une journée pendant le semestre d'hiver hydrologique, tendance relative (variation en %, écart par rapport à la moyenne de 1931-2015).



FORTES PLUIES ET EROSION DES SOLS

Le risque d'érosion des sols varie fortement au niveau local en raison de multiples facteurs d'influence (précipitations, caractéristiques du terrain et du sol, exploitation). La fréquence et l'intensité des fortes précipitations sont cependant les facteurs de déclenchement. Si ces derniers évoluent à l'avenir, on s'attend également à une hausse du risque d'érosion des sols et des dangers qui y sont liés. L'érosion des sols provoque à long terme des dommages écologiques et économiques. Sur les surfaces concernées, les sols fertiles disparaissent et les fonctions des sols sont dégradées. Les surfaces et les constructions attenantes sont touchées par les matériaux du sol alluvionnés. Les nutriments et les substances nocives fixées aux particules de terre parviennent dans d'autres écosystèmes, p. ex. dans les eaux. KLIWA étudie les modifications des intensités de précipitation dans des séquences de données et des modèles climatiques à haute résolution chronologique.



Répercussions sur la qualité de l'eau ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES

Si le climat change, cela aura des conséquences sur les eaux, leur faune et leur flore. Des températures en hausse, des écoulements et des niveaux d'eau en recul grèvent le bilan d'oxygène et modifient la composition des écosystèmes dans l'eau. Le bon état de nos eaux pourrait donc être influencé défavorablement. Mais qu'est-ce qui a déjà changé et à quoi faut-il s'attendre pour l'avenir ? Les corrélations complexes entre les propriétés des eaux et les écosystèmes ainsi qu'une base de données spécifique peu fournie rendent les réponses difficiles.



DE MULTIPLES INFLUENCES SUR L'ÉCOLOGIE AQUATIQUE

Le changement climatique modifie des facteurs déterminants dans les rivières, les fleuves et les lacs, comme la température de l'eau et l'écoulement, l'apport de sédiments fins, la concentration en nutriments ou la micticité des lacs. Ceci entraîne toute une série de processus qui peuvent en fin de compte avoir une influence sur la flore et la faune aquatiques: certaines espèces se raréfieront ou disparaîtront, d'autres apparaîtront. Les écosystèmes aquatiques et le mode de fonctionnement de l'équilibre aquatique naturel changent. Tandis que l'influence du changement climatique sur l'équilibre hydrologique dans le sud de l'Allemagne fait déjà l'objet de modélisations à grande échelle, les modifications de la biologie aquatique ne sont connues jusqu'à présent que dans des zones partielles. Ainsi, une tendance à la remontée des cours d'eau a déjà pu être constatée localement pour certaines biocénoses.

Deux études bibliographiques commanditées par KLIWA montrent dans le cadre d'enchaînements de causalité les rapports entre changement climatique et qualité des eaux dans les cours d'eau et les lacs à l'échelle régionale pour les trois Länder Bavière, Bade-Wurtemberg et Rhénanie-Palatinat. Les études attestent par une analyse bibliographique et de sensibilité approfondie qu'il faudra compter à l'avenir sur des changements de la qualité des eaux dans de nombreux domaines, mais font également ressortir l'existence de lacunes scientifiques et le besoin d'agir.

LA SUPERVISION POUR PARER A L'AVENIR

Il est aujourd'hui encore impossible de dire quelle influence le changement climatique aura véritablement sur la qualité de l'eau. Pour disposer à l'avenir de données solides dans ce domaine, l'actuelle surveillance des cours d'eau doit être complétée par une supervision spécifique des conséquences climatiques. La conception du programme correspondant est pratiquement achevée pour les cours d'eau. L'objectif de cette supervision est la création d'une base de données qui aura pour but d'éliminer de nombreuses incertitudes et de permettre des mesures d'adaptation adéquates.

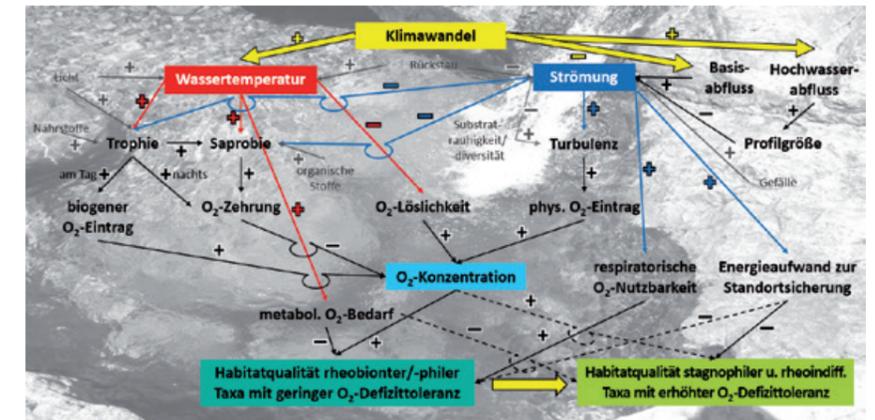
LES TORRENTS DE MONTAGNE SONT FRAGILES

La création d'une base de données de qualité n'est toutefois qu'une première étape. Car en effet: comment faudra-t-il analyser les données pour distinguer les effets du changement climatique des autres influences sur les eaux? De nouveaux indicateurs sont nécessaires. Un indicateur destiné aux cours d'eau a déjà été développé dans KLIWA.

L'indice_{MZB} KLIWA semble convenir à rendre «mesurables» les modifications de la composition des espèces parmi les micro-organismes (macroinvertébrés) des fonds de lit. De telles modifications, allant jusqu'aux espèces tolérantes des températures plus élevées et des teneurs en oxygène plus faibles, sont à escompter, étant donné que le changement climatique provoquera en été une dégradation des conditions de respiration, en particulier par des températures accrues de l'eau et des vitesses d'écoulement réduites. Un test pratique sur l'applicabilité de l'indice est actuellement en cours.

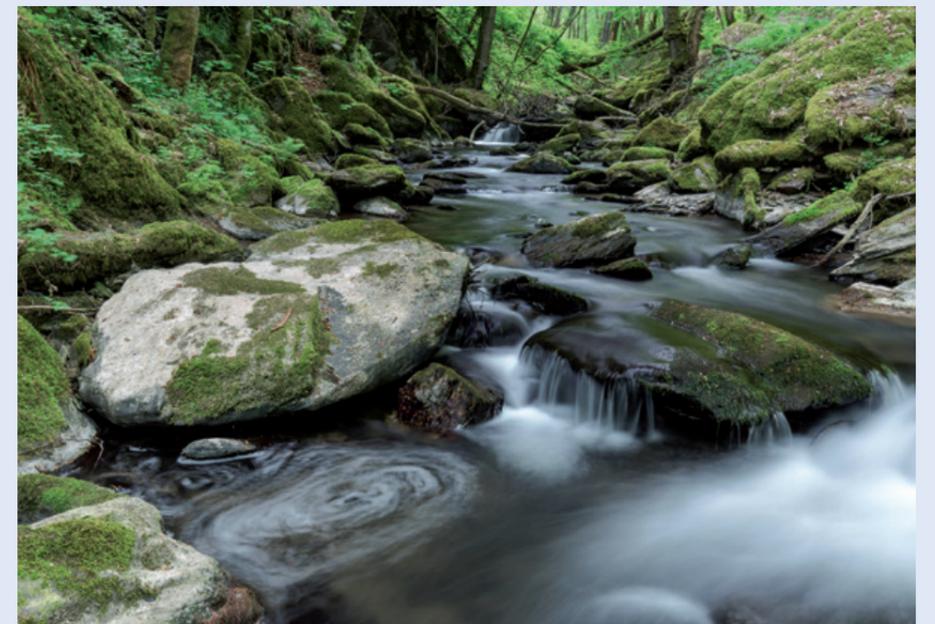
CORRELATIONS ENTRE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET CONDITIONS DE VIE DANS LES COURS D'EAU ET LES LACS

Le changement climatique influence directement sur la température de l'eau et les conditions d'écoulement des fleuves et des rivières. Ces deux grandeurs commandent une foule de processus qui ont un effet majeur sur l'approvisionnement en oxygène et donc sur des conditions de vie déterminantes pour de nombreux organismes aquatiques. Illustration RCPiIle / Andreas Müller



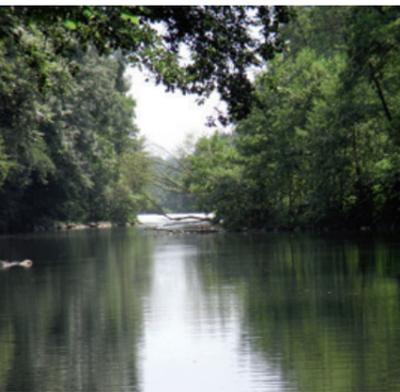
LES TORRENTS DE MONTAGNE SONT FRAGILES

Les petits torrents de vallées encaissées, comme l'Endertbach en Rhénanie-Palatinat, sont caractérisés par une forte diversité des écoulements et des substrats. Ils sont froids et bien alimentés en oxygène. Leur faune invertébrée d'une grande diversité d'espèces pourrait réagir de manière très sensible aux variations climatiques. Photo: Jochen Fischer



Étés chauds, fleuves et lacs chauds? Température aquatique

La température aquatique est un paramètre central de qualité. Elle commande tous les processus biologiques et chimiques dans les eaux. Elle a également de multiples effets sur les usages que nous, humains, faisons des eaux. Qu'il s'agisse d'une utilisation comme espace de loisir, de source d'alimentation ou de moyen de refroidissement de centrales électriques et d'installations industrielles. Si l'air se réchauffe, les rivières, les fleuves et les lacs se réchauffent aussi.



L'ombrage des berges réduit le réchauffement des eaux par le rayonnement solaire.

LA FAUNE ET LA FLORE DEPENDENT DE LA TEMPERATURE

La température de l'eau a une influence décisive sur un grand nombre de processus biologiques, physiques et chimiques qui se déroulent dans l'eau, et commande la vitesse des processus métaboliques. Elle a donc un effet direct sur tous les organismes vivant dans l'eau et joue notamment un rôle dans la composition des biocénoses aquatiques, la performance de photosynthèse, la mortalité des poissons, les taux d'activité métabolique, la solubilité des gaz et la toxicité de nombreuses substances chimiques présentes dans l'environnement. Il existe en particulier pour les poissons différentes valeurs indicatives selon les régions sur la température aquatique tolérable, qui sont inscrites dans l'ordonnance allemande OGewV sur les eaux de surface. Les éventuels dépassements de ces valeurs pourraient entraîner une menace croissante pour les zoocénoses ichtyennes.

L'EAU AUSSI SE RECHAUFFE

De premières études en Bavière ont porté sur les mesures de la température de l'eau de 1951 à 2009. Une hausse de la température annuelle moyenne de l'eau d'environ 1,5 °C a été mise en évidence depuis 1980. Des différences spatiales n'ont pas été identifiées. Cette tendance est particulièrement marquée au cours des mois d'été de mai à août. Sur le Rhin aussi, des études similaires font apparaître une accumulation de valeurs estivales maximales de plus de 25 °C. Au cours de la décennie écoulée, les températures aquatiques ont atteint des valeurs journalières moyennes de plus de 28 °C et des maximums journaliers de plus de 29 °C.

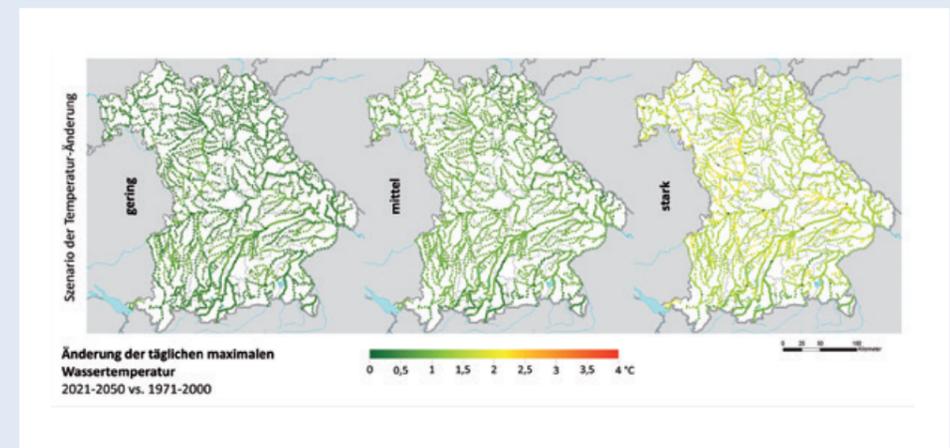
Les facteurs climatiques saisonniers et régionaux sont responsables en grande partie du réchauffement aquatique. Il faut néanmoins faire une réserve, étant donné que les interventions humaines renforcent encore le réchauffement, par exemple par des apports thermiques ou la construction de barrages. Une distinction entre les causes et les facteurs déterminants n'est donc possible qu'avec des restrictions dans le cas particulier. Une hausse fondamentale de la température moyenne des cours d'eau réduit directement le réchauffement admissible du point de vue écologique pour d'autres utilisations. Pendant les jours d'été caniculaires par exemple, l'introduction d'eaux usées chaudes doit être réduite à cause des températures aquatiques accrues du fait du climat, avec des conséquences économiques directes.

LE RECHAUFFEMENT SE POURSUIT-IL?

Pour la déduction d'énoncés applicables à l'avenir, la modélisation de l'évolution future de la température des eaux présente un grand intérêt. Mais outre l'écoulement, un grand nombre d'autres facteurs doit être pris en compte, ce qui rend la modélisation encore plus difficile. Tandis que la Bavière utilise une approche statistique et dispose de premiers résultats, le Bade-Wurtemberg et la Rhénanie-Palatinat s'appuient sur une modélisation basée sur des critères physiques avec des modèles thermiques du régime hydrologique. Le recours aux projections climatiques permet dans ces deux approches un premier énoncé sur la manière dont le changement climatique agira à l'avenir sur la température aquatique. Il constitue un fondement important pour poursuivre l'observation des modifications de l'écologie aquatique.

MODIFICATION DE LA VALEUR MAXIMALE DE LA TEMPERATURE DE L'EAU EN BAVIERE

Le graphique représente la variation de la température annuelle moyenne maximale des eaux par comparaison des deux périodes 2021-2050 et 1971-2000, par l'exemple de l'une des trois projections climatiques étudiées (variations moyennes). La température augmente partout de +0,2 à +1,8 °C.



Perspectives

Nous devons nous attendre à l'avenir à des étés plus chauds et plus secs et à des hivers plus doux et plus humides. En particulier les changements de la répartition des précipitations modifieront durablement le cycle régional de l'eau et donc le régime hydrologique de nos bassins fluviaux.

KLIWA s'est tout d'abord penché sur la problématique des crues et des inondations et a élaboré à ce niveau des mesures d'adaptation concrètes. Au stade actuel, les études effectuées mettent désormais aussi l'accent sur la question des répercussions du changement climatique sur les écoulements en régime de basses eaux, les nappes phréatiques, la gestion du risque de fortes pluies et l'écologie aquatique.

Un régime hydrologique modifié a des conséquences immédiates sur les types les plus variés d'exploitation des eaux – qu'il s'agisse du prélèvement direct pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation des terres agricoles, de l'utilisation comme eau de refroidissement pour les centrales électriques dans le secteur énergétique, comme voies de navigation ou comme espaces de loisir. Il est également lié à la question des effets sur la qualité de l'eau et de l'état écologique de nos eaux. C'est ici que réside actuellement l'un des grands thèmes de travail de KLIWA. Un autre point fort de la recherche porte sur l'augmentation potentielle des pluies diluviennes et de courte durée. Ces fortes précipitations sont susceptibles d'entraîner des inondations locales considérables, qui placent les réseaux de drainage communaux devant des problèmes supplémentaires, ou de provoquer des dégâts élevés dans l'agriculture du fait de l'érosion des sols, et par conséquent d'entraîner des apports élevés de matières dans nos eaux.

Il existe cependant une chose plus importante que les mesures régionales destinées à amortir les effets du changement climatique. Ce sont les mesures permettant d'assurer une protection active du climat. La réduction des émissions de gaz à effet de serre occupe ici le premier rang. Étant donné qu'en raison de la lenteur de réaction du système climatique, la hausse de la température se poursuivrait même dans le cas (fictif) d'un arrêt immédiat des émissions, chacun devrait dès maintenant y contribuer activement pour éviter que nos descendants ne soient un jour confrontés à des problèmes encore plus graves.