

Klimawandel am Oberrhein: Dossier Sommerniederschlag, Trockenphasen und Dürrerisiko

NILS RIACH*, NICOLAS SCHOLZE*, RÜDIGER GLASER*, SOPHIE ROY** & BORIS STERN‡

*Physische Geographie, Universität Freiburg i. Br.

**Météo-France, Illkirch

‡GeoRhena, Département du Haut-Rhin, Colmar

Juni 2019

Vorbemerkungen:

1. Das vorliegende Dossier besteht aus 4 Karten zur klimatischen Entwicklung der Trinationalen Metropolregion Oberrhein und einem Begleittext. Das Kartenset beinhaltet 2 Karten zur Entwicklung des Sommerniederschlags in der nahen Zukunft (2021-2050) und 2 Karten zur fernen Zukunft (2071-2100). Für beide Zeithorizonte liegt zudem je eine Karte für ein moderates (RCP4.5) und ein starkes (RCP8.5) Klimawandel-Szenario vor.
2. Der Begleittext dient als Interpretationshilfe für die Klimakarten. Er enthält eine Tabelle mit Referenzwerten an verschiedenen Messstationen, mit deren Hilfe die Stärke des klimatischen Änderungssignals besser eingeschätzt werden kann. Außerdem werden die Hauptaussagen der Karten in dem Abschnitt „Zukünftige Entwicklung“ gebündelt dargestellt.
3. Die Auflösung der Gitterzellen in den Klimakarten beträgt ca. 18km. Der angegebene Wert entspricht dem Mittelwert der gesamten Zellenfläche. Gerade bei großen Höhenunterschieden innerhalb einer Zelle kann es daher zu Abweichungen der lokalen Verhältnisse kommen.
4. Die Karten wurden auf Grundlage eines Modellensembles aus 16 Klimamodellen erstellt. Sie entstammen der [EURO-CORDEX-Initiative](#) und wurden dem Projekt Clim'Ability freundlicherweise vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Bearbeitungsstand der Modellsimulationen ist November 2016.

Unter **Sommerniederschlag** versteht man den gesamten Niederschlag der Monate Juni, Juli und August. In die Summe fließen alle Formen des Niederschlags ein, d.h. Regen, Nebel, Hagel, Graupel, etc.

Die Tabelle zeigt **erhebliche Unterschiede in der Höhe der Sommerniederschläge** an den einzelnen Stationen. Zunächst fällt auf, dass die höher gelegenen Stationen deutlich mehr Sommerniederschlag verzeichnen als die Stationen in der Rheinebene, zum Teil mehr als doppelt so viel (vgl. Hornisgrinde vs. Straßburg-Entzheim). Allerdings sind die höhenbedingten Unterschiede nicht ganz so markant wie in den Wintermonaten. Außerdem nehmen innerhalb der Rheinebene die Niederschläge von Westen nach Osten zu, was auf Luv-Lee-Effekte an Schwarzwald und Vogesen zurückzuführen ist. So erhält Freiburg auf Grund häufiger Gewitter am Schwarzwaldwestrand deutlich mehr Niederschlag als das noch im

TABELLE: Langjährige Mittelwerte des Sommerniederschlags an verschiedenen Stationen in der Oberrheinregion¹

Ort	Niederschlag / mm	Periode	Höhe über NN in m
Karlsruhe-Rheinstetten	249,5	1971-2000	112
Straßburg-Entzheim	201,1	1971-2000	150
Freiburg	292,2	1971-2000	236
Basel-Binningen	253	1961-2009	316
Wangenbourg*	265,2	1990-2010	465
Weinbiet / Pfälzer Wald	159,1	1971-2000	553
Hornisgrinde	491,4	1971-2000	1.119
Feldberg / Schwarzwald	467,8	1971-2000	1.490

* Die Station Wangenbourg wurde erst im Mai 1990 eingerichtet.

Regenschatten der Vogesen liegende Straßburg-Entzheim. Den niedrigsten Wert weist Weinbiet auf, was mit seiner Leelage im Pfälzer Wald erklärt werden kann.

Generell sind die Sommer überall in der Oberrheinregion humid, d.h. der Niederschlag übertrifft die Verdunstung. Trockene Sommer mit negativer Wasserbilanz kommen zwar vor, v.a. in den tieferen Lagen und im Regenschatten der Vogesen, sind aber bislang eher die Ausnahme als die Regel. Dennoch können in Extremjahren wie 2003 oder 2018 die Sommerniederschläge weit unter dem Durchschnitt bleiben. Dies gilt auch für die sehr niederschlagsreichen Höhenlagen, wo es in extremen Trockenjahren immer wieder zum Versiegen von Quellen und lokaler Wasserknappheit kommt.

Trockenphasen und Dürreerisiko

Die Entwicklung des Sommerniederschlags lässt auch Rückschlüsse auf das Auftreten **sommerlicher Trockenphasen** und das damit einhergehende **Dürreerisiko** zu. Tendenziell haben Sommerniederschläge in der Region Oberrhein in den letzten Jahrzehnten leicht abgenommen.² Auch hat sich dabei die Struktur der Niederschläge verändert: Niederschläge fallen nunmehr vermehrt in Form von Starkregenereignissen. Trockenphasen und Dürren zeichnen sich je nach Länge und Intensität durch gravierende ökologische und sozio-ökonomische Konsequenzen aus. Dazu zählen u.a.³

- Ernteeinbußen in der Landwirtschaft
- Futtermittelknappheit in der Viehhaltung und daraus resultierend steigende Preise für tierische Produkte
- Waldbrände und Schäden an wenig trockenresistenten Baumarten, v.a. Fichte
- Absinken des Grundwasserspiegels und Austrocknen von Binnengewässern
- Schäden an feuchtigkeitsgebundenen Ökosystemen, Algenblüten und Fischsterben
- Erhöhte Bodenerosion
- Reduzierte Energieproduktion wegen Kühlwasserknappheit
- Engpässe in der Wasserversorgung

- Einschränkung der Binnenschifffahrt durch Niedrigwasser und dadurch Teuerung von Massengütern wie Benzin oder Kohle

Hinzu kommt, dass die Auswirkungen von Dürren meist großflächig sind und lange andauern.

Ausgelöst werden Dürren durch stabile großräumige Hochdrucklagen, die mehrere Wochen bis Monate bestehen. Bei diesen stabilen Hochdrucklagen verdunstet mehr Wasser als dem Boden durch Regen zugeführt wird. Die Bodenaustrocknung wird im Sommer durch hohe Temperaturen beschleunigt, kann aber auch in anderen Jahreszeiten auftreten. Häufig treten in Mitteleuropa sommerliche Dürren nur dann auf, wenn bereits im vorangegangenen Frühjahr zu wenig Niederschlag gefallen ist. Dies war z. B. beim jüngsten, schwerwiegenden Dürreereignis 2018 der Fall, das bereits im Frühjahr begann und bis weit in den Herbst hinein andauerte. Auch nach ausgiebigen Niederschlägen im Winter und Frühjahr 2019 war der Boden in der Oberrheinregion v.a. in den tieferen Schichten noch im Mai 2019 außergewöhnlich trocken, das Wasserdefizit aus dem Vorjahr also noch nicht ausgeglichen.⁴

Zukünftige Entwicklung

Aus den Klimakarten geht hervor, dass in Zukunft mit einer **Abnahme der Sommerniederschläge von bis zu 25%** gerechnet werden muss. Grundsätzlich ist die erwartete Abnahme in den Mittelgebirgen stärker als in der Rheinebene, dort ist aber auch das Ausgangsniveau höher. Eine Ausnahme bildet die Projektion für die nahe Zukunft (2021-2050) unter dem Szenario RCP8.5: hier wird eine leichte Zunahme v.a. in der Rheinebene und an Oberrhein und Aare um über 4% erwartet, während die Werte in den Mittelgebirgen in etwa gleich bleiben. Insgesamt zeigt also die zukünftige Entwicklung der Sommerniederschläge mit den bisherigen Modellen kein eindeutiges Signal und ist eher vorsichtig zu interpretieren.

Sehr wahrscheinlich wird die Abnahme des sommerlichen Gesamtniederschlags nicht besonders deutlich sein, so dass auch gegen Ende des 21. Jahrhunderts keine wirklich „mediterranen Verhältnisse“ am Oberrhein herrschen werden, in der Zusammenschau mit der Zunahme der Winterniederschläge aber von einer **saisonalen Akzentuierung** und Zuspätschiebung ausgegangen werden muss. Werte wie etwa in Genua (148mm), Florenz (132mm) oder gar Marseille (69mm) sind im Schnitt nicht zu erwarten. Im Zusammenspiel mit der erwarteten Erhöhung der Lufttemperaturen ist ein Vergleich mit heutigen sub-mediterranen Klimaten wie z. B. in Mailand (209mm) oder Lyon (230mm) eher angemessen.⁵ Ein weiteres Charakteristikum stellt neben der Niederschlagsverteilung die Form des Niederschlagsabkommens dar: einerseits wird es **häufigere und längere Trockenperioden** mit höheren Temperaturen geben, andererseits wird ein größerer Anteil des Sommerniederschlags als Starkregen in weniger Niederschlagstagen fallen.

Als Indikator für ein möglicherweise zunehmendes **Dürreerisiko** ist die Entwicklung des Sommerniederschlags nicht ohne Weiteres geeignet, da Dürre erstens nicht nur im Sommer auftritt und zweitens die prognostizierten Werte nach wie vor recht hohe Niederschläge erwarten lassen. Allerdings lässt sich eine **Tendenz zur Zunahme längerer niederschlagsfreier Trockenperioden** in den Sommermonaten ableiten, die in Kombination mit den steigenden Temperaturen zu einer **Verschlechterung der sommerlichen Wasserbilanz, häufigerer Bodentrockenheit** und einer **potentiell erhöhten Dürregefahr** führt.

Zudem wird die **Variabilität von Jahr zu Jahr** sehr hoch sein, d.h. es wird weiterhin feuchte Sommer geben, aber Trockenphasen bis hin zu extremen Dürresommern wie 2003 und 2018 werden in Zukunft häufiger auftreten und länger dauern. In Vergleichsstudien konnten Anzeichen für die Zunahme blockierender Wetterlagen über Mitteleuropa identifiziert werden, die für stabile Hochdrucklagen mit Sonnenschein, hohen Lufttemperaturen und sehr geringen Niederschlägen sorgen.⁶ Andererseits sorgt diese Tendenz auch für mehr stabile Tiefs mit überdurchschnittlich regenreichen Perioden, sodass sich die Mittelwerte nur geringfügig ändern, die einzelnen Jahre aber durchaus extremer ausfallen können.

Für weitere Informationen:

- Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) mit aktuellen Karten für die Dürresituation in Deutschland: www.ufz.de/duerremonitor
- Aktuelle Dürresituation in Frankreich, herausgegeben vom Ministerium für nachhaltige Entwicklung: <http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr>
- Aktuelle Dürresituation in der Schweiz, erarbeitet vom Forschungsprojekt Drought-CH: www.trockenheit.ch

Literaturangaben

1. Die Werte wurden aus folgenden Quellen entnommen und z.T. aus Rohdaten berechnet:
 - für die französischen Stationen: offizielle Messwerte von Météo France, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von S. Roy
 - für die deutschen Stationen: offizielle Messwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD), online verfügbar über das Portal server.wettermail.de/opendata-dwd/cgi-bin/klima2.p
 - für die Station Basel-Binningen: offizielle Daten von MeteoSCHWEIZ, online verfügbar über das Portal www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/klima-indikatoren.html
2. Regionalverband Südlicher Oberrhein (2006): Regionale Klimaanalyse Oberrhein (REKLISO). Bearbeitet von E. Parlow (Universität Basel), D. Scherer und U. Fehrenbach (beide TU Berlin).
3. Stahl K, Kohn I, Blauhut V, Urquijo J, de Stefano L, Acácio V, Dias S, Stagge JH, Tallaksen LM, Kampragou E, van Loon AF, Barker LJ, Melsen LA, Bifulco C, Musolino D, de Carli A, Massarutto A, Assimacopoulos D, Van Lanen H (2016): Impacts of European drought events - Insights from an international database of text-based report. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 16, 801-819, <https://doi.org/10.5194/nhess-16-801-2016>
4. Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ): <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> [15.05.2019]
5. Werte der mediterranen Städte von URL: climate-data.org/ [18.07.2019]
6. Masato G, Hoskins BJ, Woollings T (2013): Winter and summer Northern Hemisphere blocking in CMIP5 models. J clim 26, S. 7044-7059. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00466.1



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



Changement climatique dans le Rhin supérieur : les précipitations estivales, les périodes sèches et le risque de sécheresse

NILS RIACH^{*}, NICOLAS SCHOLZE^{*}, RÜDIGER GLASER^{*}, SOPHIE ROY^{**} & BORIS STERN[‡]

^{*}Physische Geographie, Universität Freiburg i. Br.

^{**}Météo-France, Illkirch

[‡]GeoRhena, Département du Haut-Rhin, Colmar

Juin 2019

Préambule :

1. Le présent dossier se compose de 4 cartes sur le changement climatique dans la région trinationale du Rhin supérieur, et d'un texte d'accompagnement. L'ensemble contient 2 cartes sur l'évolution des précipitations estivales dans un avenir proche (2021-2050) et 2 cartes pour un avenir lointain (2071-2100). Pour chacun des deux horizons temporels sont également disponibles deux cartes : une carte pour un scénario de changement climatique modéré (RCP4.5) et une carte pour le scénario fort (RCP8.5).
2. Le texte joint sert d'aide à l'interprétation des cartes climatiques. Il contient un tableau avec des valeurs de référence à différentes stations de mesure, qui peuvent être utilisées pour mieux estimer l'intensité du changement climatique. En outre, les principales caractéristiques des cartes sont résumées dans la section "Évolution en climat futur".
3. Pour ces cartes, la résolution (ou maille) des cellules est d'environ 18 km. La valeur donnée correspond à la valeur moyenne calculée pour toute la surface de la cellule. Il peut y avoir des écarts de valeurs au sein d'une cellule, en particulier lorsque celle-ci comprend de grandes différences d'altitude.
4. Les cartes ont été créées sur la base d'un ensemble de 16 modèles climatiques. Elles sont issues de l'initiative [EURO-CORDEX](#). Les données issues des modèles ont été mises à la disposition du projet Clim'Ability par le Service météorologique allemand (DWD = Deutscher Wetterdienst). La date de réalisation des simulations est novembre 2016.

Les **précipitations estivales** désignent l'ensemble des précipitations des mois de juin, juillet et août. Toutes les formes de précipitations (pluie, brouillard, grêle, grésil, etc.) entrent dans cette catégorie.

Le tableau montre de **nettes différences dans la quantité de précipitations estivales** aux différentes stations. Tout d'abord, on constate que les stations à plus haute altitude enregistrent nettement plus de précipitations estivales que les stations de la plaine du Rhin, parfois plus du double (cf. Hornisgrinde vs Strasbourg-Entzheim). Cependant, les différences dues à l'altitude ne sont pas aussi frappantes qu'en hiver. En outre, les précipitations dans la plaine du Rhin augmentent d'ouest en est, en raison de l'effet de foehn sur les Vosges et la Forêt-Noire : la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense lorsque l'air s'élève, à l'ouest des massifs dans le flux dominant d'ouest. Ces zones sont plus arrosées, tandis que

TABLEAU : Normales de précipitations estivales dans différentes stations de mesure du Rhin supérieur : ¹

Lieu	Jours / an	Période	Altitude en m.
Karlsruhe-Rheinstetten	249,5	1971-2000	112
Strasbourg-Entzheim	201,1	1971-2000	150
Freiburg	292,2	1971-2000	236
Bâle-Binningen	253	1961-2009	316
Wangenbourg*	265,2	1990-2010	465
Weinbiet / Pfälzer Wald	159,1	1971-2000	553
Hornisgrinde	491,4	1971-2000	1.119
Feldberg / Schwarzwald	467,8	1971-2000	1.490

* La station de Wangenbourg n'a ouvert qu'en mai 1990.

la masse d'air redescend asséchée à l'est des massifs (zones plus sèches). Ainsi, en raison des fréquents orages en bordure de la Forêt Noire, Fribourg-en-Brigau connaît beaucoup plus de précipitations que Strasbourg-Entzheim, qui se trouve à l'abri des Vosges. Weinbiet a la valeur la plus basse, ce qui peut s'expliquer par son emplacement sous le vent dans la forêt du Palatinat.

Dans l'ensemble, les étés sont humides dans le Rhin supérieur, ce qui signifie que les précipitations sont supérieures à l'évaporation. Des mois d'été secs, avec un bilan hydrique négatif, surtout dans les zones de basse altitude et à l'abri des précipitations des Vosges existent, mais constituent à ce jour une exception plutôt que la règle. Néanmoins, lors d'années extrêmes comme 2003 ou 2018, les précipitations estivales peuvent demeurer bien en deçà de la moyenne. Il en va de même pour les altitudes plus élevées, donc avec des précipitations plus importantes, où l'assèchement des sources et les pénuries d'eau se produisent dans les années très sèches, en particulier dans la Forêt Noire et le massif vosgien.

Périodes sèches et risque de sécheresse

L'évolution des précipitations estivales permet également de présager la survenue de **périodes sèches estivales**, et le **risque de sécheresse** qui y est associé. Elles ont eu tendance à diminuer légèrement au cours des dernières décennies dans le Rhin supérieur,² et la structure des précipitations a également changé : elles prennent de plus en plus la forme de pluies intenses. Selon leur durée et leur intensité, les périodes de sécheresse météorologique et hydrologique se caractérisent par de graves conséquences écologiques et socio-économiques. Il s'agit en particulier de :³

- Pertes de récoltes pour l'agriculture
- Pénurie d'aliments pour le bétail, et hausse des prix des produits d'origine animale qui en résulte
- Incendies de forêt, et dommages causés à des essences moins résistantes à la sécheresse, en particulier l'épicéa
- Abaissement du niveau de la nappe phréatique, et assèchement de lacs et étangs
- Dommages aux écosystèmes humides, proliférations d'algues et mortalité des poissons

- Augmentation de l'érosion des sols
- Diminution de la production d'énergie en raison de la pénurie d'eau de refroidissement
- Congestions dans l'approvisionnement en eau
- Restriction du transport fluvial en raison des bas niveaux d'eau, et donc inflation des coûts de marchandises en vrac telles que l'essence ou le charbon.

A cela, il faut ajouter que les effets des sécheresses couvrent généralement des surfaces plus importantes et durent plus longtemps que d'autres événements climatiques.

Les sécheresses sont déclenchées par des situations de haute pression stables, à grande échelle, et qui durent plusieurs semaines, voire plusieurs mois. La quantité d'eau qui s'évapore est alors supérieure à celle apportée par les précipitations. En été, la déshydratation du sol est accélérée par des températures élevées, mais elle peut aussi se produire en d'autres saisons. En Europe centrale, les sécheresses estivales ne surviennent souvent que lorsque les précipitations ont été trop faibles au printemps. Ce fut par exemple le cas avec la récente sécheresse de 2018, qui a débuté au printemps et s'est prolongée jusqu'à l'automne. Même après des précipitations d'hiver et de printemps 2019 importantes, le sol du Rhin supérieur est exceptionnellement sec en mai 2019, surtout dans les couches plus profondes, le déficit en eau de l'année précédente n'étant pas encore compensé.⁴

Évolution en climat futur

Les cartes climatiques montrent que l'on peut s'attendre à une **réduction des précipitations estivales allant jusqu'à 25 %** dans le futur. La diminution attendue est en principe plus forte en moyenne montagne que dans la plaine du Rhin, mais le niveau de départ y est également plus élevé. Une exception est la projection pour le futur proche (2021-2050) dans le cadre du scénario RCP4.5 : on y attend une légère augmentation de 4%, surtout dans la plaine du Rhin, à l'est de Bâle et en Argovie, tandis que les valeurs en moyenne montagne restent sensiblement identiques. Globalement, l'évolution future des précipitations estivales avec les modèles précédents ne dégage pas une tendance claire, et doit donc être interprétée avec prudence.

Il est fort probable que la diminution des précipitations estivales totales dans le Rhin supérieur ne soit pas importante au point de pouvoir les comparer, à la fin du 21ème siècle, aux valeurs méditerranéennes actuelles. Toutefois, compte tenu de l'augmentation des précipitations hivernales, il faut s'attendre à une **accentuation des périodes estivales sèches** et une intensification saisonnière. Des valeurs comme à Gênes (148mm), à Florence (132mm) ou même à Marseille (69mm) ne sont pas envisagées. En combinaison avec l'augmentation attendue des températures de l'air, une comparaison avec les climats sub-méditerranéens actuels tels que Milan (209 mm) ou Lyon (230 mm) serait plus appropriée.⁵

Outre la répartition des précipitations, une autre caractéristique présentée est la quantité de précipitations : d'une part il y aura des périodes sèches plus fréquentes et plus longues avec des températures plus élevées, et d'autre part, les épisodes de précipitations estivales seront plus courts et plus intenses.

L'évolution des précipitations estivales n'est pas un indicateur pertinent d'une augmentation possible du risque de sécheresse, car la sécheresse ne se produit pas uniquement en été, et les valeurs prévues laissent encore entrevoir des précipitations assez abondantes. Ce-

pendant, on peut déduire une **tendance vers des périodes sèches plus longues, sans précipitation pendant les mois d'été**, ce qui en combinaison avec des températures plus élevées, entraîne une **détérioration du bilan hydrique estival** et un **risque potentiellement accru de sécheresse**.

En outre, la **variabilité d'une année à l'autre** sera très élevée : il y aura toujours des étés humides, mais les périodes de sécheresse, voire de sécheresses extrêmes comme celles de 2003 et 2018, seront plus fréquentes, et dureront plus longtemps dans le futur. Des travaux scientifiques ont mis en évidence les signes d'une augmentation des situations de blocage sur l'Europe centrale,⁶ ce qui assure des conditions de haute pression stables avec un ensoleillement, des températures de l'air élevées et de très faibles précipitations. Des périodes estivales avec des situations dépressionnaires et des trajectoires de dépressions stables sur l'Europe occidentale pourront également augmenter, et occasionner des étés plus humides. Les valeurs moyennes de précipitations gommant ces disparités et diminuent faiblement, mais les années prises isolément pourront être plus extrêmes.⁷

Pour plus d'informations :

- Surveillance de la sécheresse du Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) avec des cartes actuelles de la situation de sécheresse en Allemagne : www.ufz.de/duerremonitor
- Situation actuelle de la sécheresse en France, publié par le Ministère du Développement Durable : <http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr>
- Situation actuelle de la sécheresse en Suisse, élaborée par le projet de recherche Drought-CH : www.trockenheit.ch

Citations

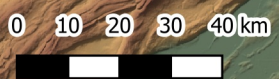
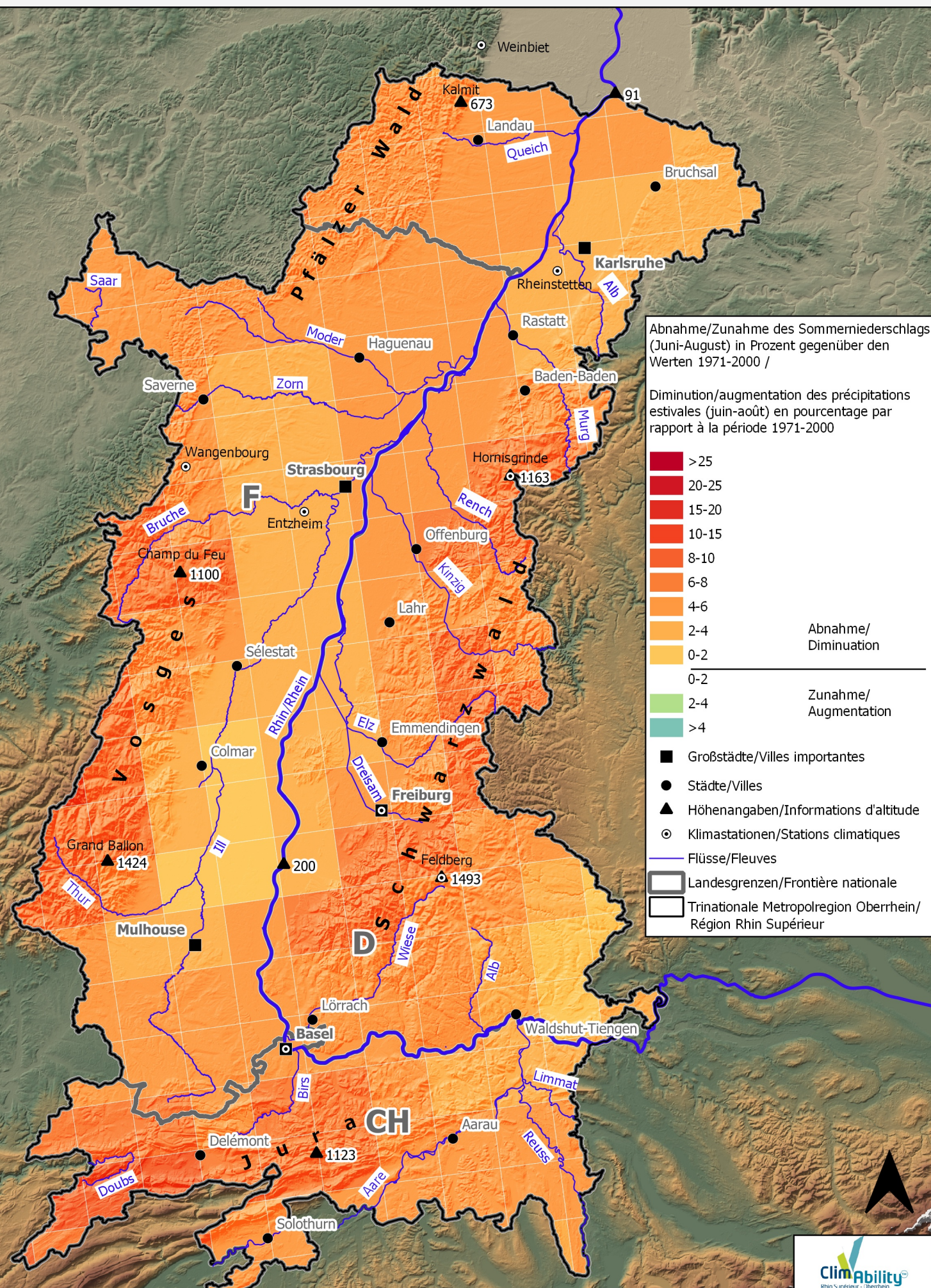
1. Les valeurs indiquées dans le tableau proviennent des sources suivantes et ont été partiellement calculées à partir de données brutes :
 - pour les stations françaises : données officielles de Météo France
 - pour les stations allemandes : données officielles du Service météorologique allemand (DWD), disponibles en ligne sur le portail server.wettermail.de/opendata-dwd/cgi-bin/klima2.pl
 - pour la station de Bâle-Binningen : données officielles de MétéoSuisse, disponibles en ligne sur le portail www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/klima-indikatoren.html
2. Regionalverband Südlicher Oberrhein (2006) : Regionale Klimaanalyse Oberrhein (REKLISO). Edité par E. Parlow (Université de Bale), D. Scherer et U. Fehrenbach (tous les deux TU Berlin).
3. Très détaillé sur les impacts des sécheresses : Stahl K, Kohn I, Blauhut V, Urquijo J, de Stefano L, Acácio V, Dias S, Stagge JH, Tallaksen LM, Kampragou E, van Loon AF, Barker LJ, Melsen LA, Bifulco C, Musolino D, de Carli A, Massarutto A, Assimacopoulos D, Van Lanen H (2016) : Impacts of European drought events - Insights from an international database of text-based report. In : Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 16, 801-819, <https://doi.org/10.5194/nhess-16-801-2016>
4. Surveillance de la sécheresse du Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) : <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> [18.07.2019]
5. Valeurs des villes méditerranéennes de URL : climate-data.org/ [18.07.2019]
6. Masato G, Hoskins BJ, Woollings T (2013) : Winter and summer Northern Hemisphere blocking in CMIP5 models. J clim 26, S. 7044-7059. DOI : 10.1175/JCLI-D-12-00466.1
7. Voir le portail Climat HD, <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>, onglets « précipitation » et « impacts »



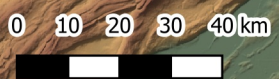
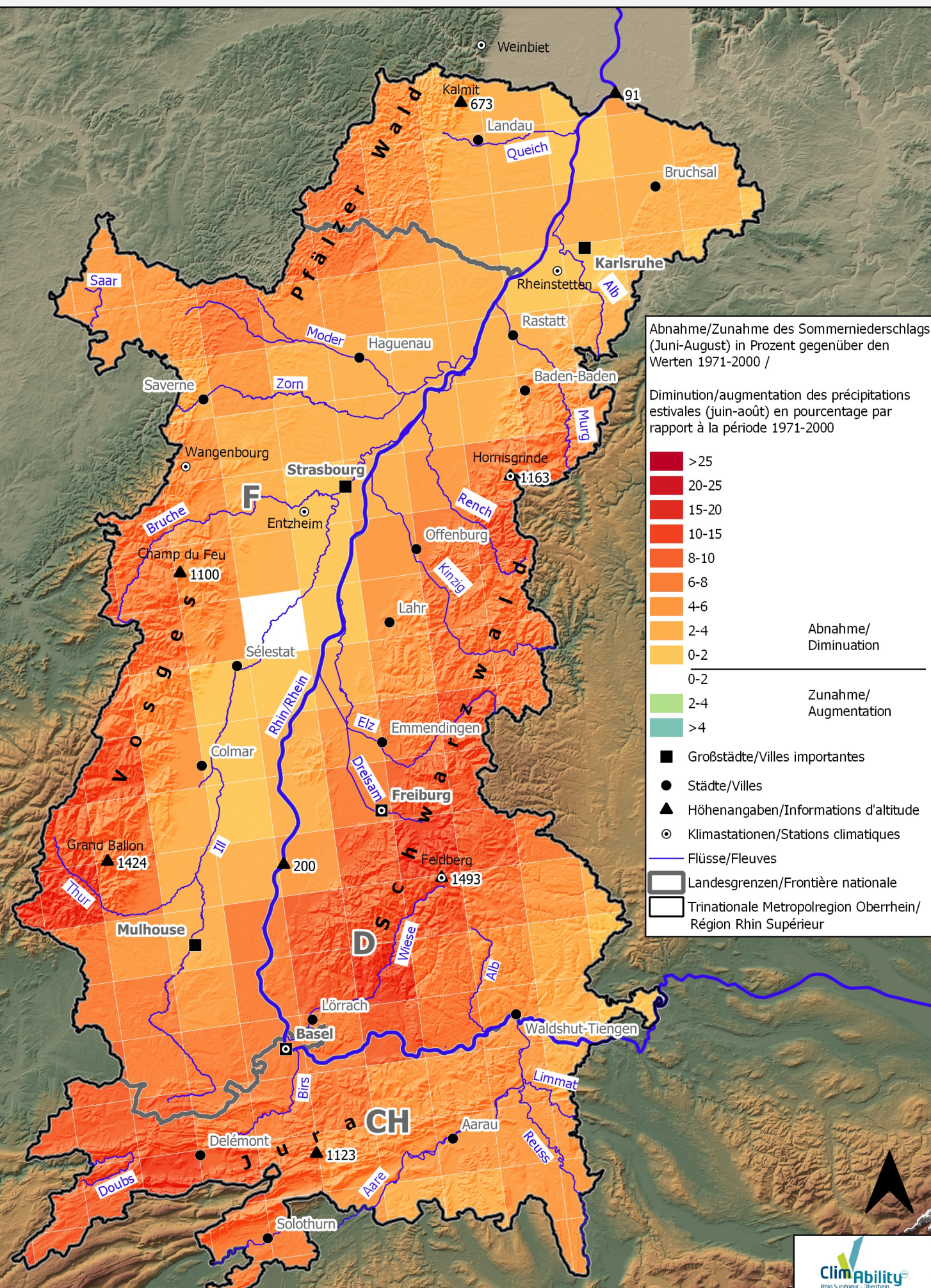
Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



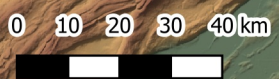
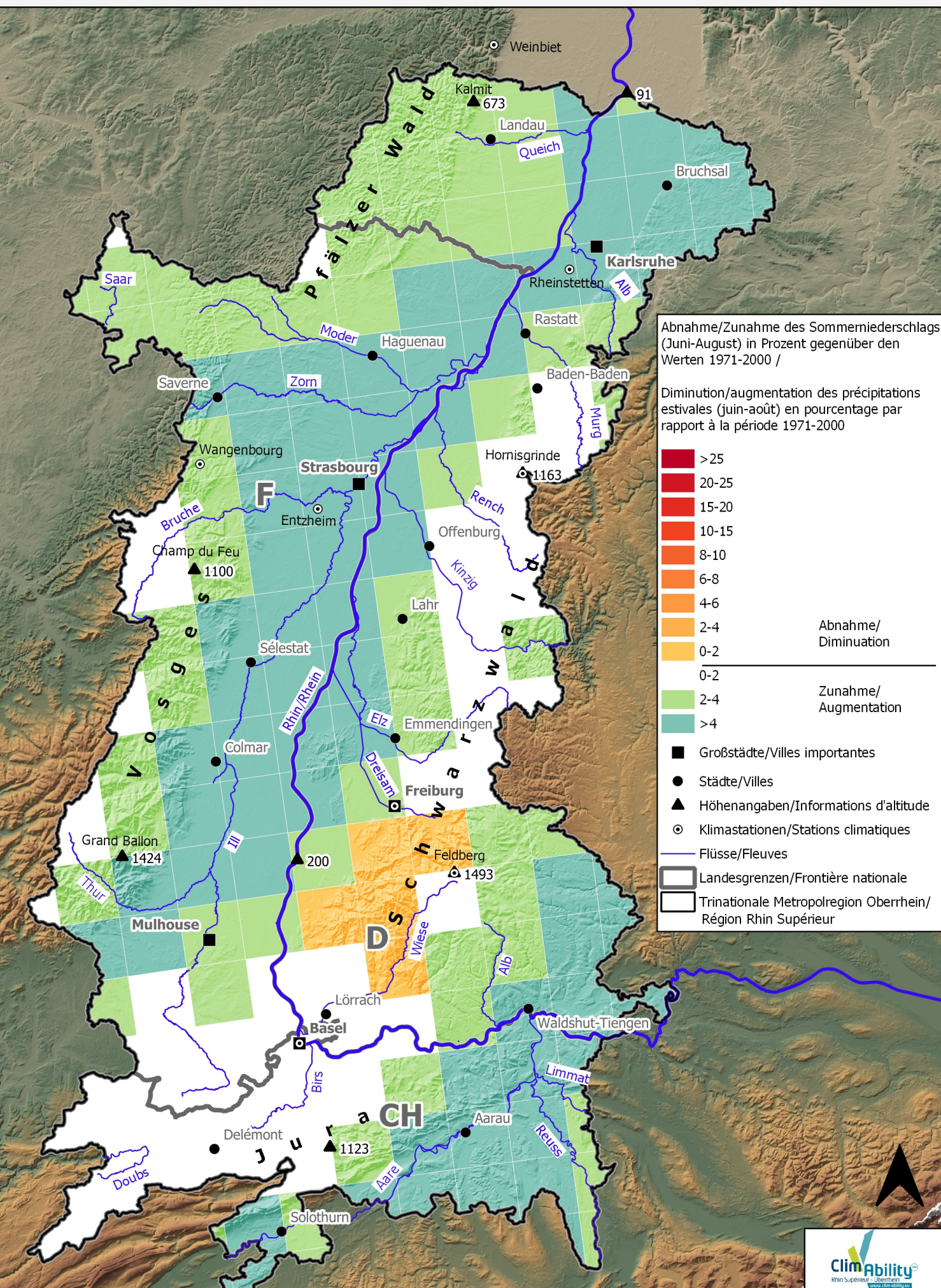
Moderater Klimawandel / Changement climatique modéré (RCP4.5) 2021-2050



Moderater Klimawandel / Changement climatique modéré (RCP4.5) 2071-2100



Starker Klimawandel / Changement climatique fort (RCP8.5) 2021-2050



Starker Klimawandel / Changement climatique fort (RCP8.5) 2071-2100

