

Klimawandel am Oberrhein: Dossier Starkregen

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 der Tage mit Starkregen 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.

Grundsätzlich versteht man unter **Starkregen** eine außergewöhnlich hohe Niederschlagsmenge innerhalb kurzer Zeit, wobei es sowohl für die Niederschlagsmenge als auch die Zeitspanne unterschiedliche Festlegungen gibt. Im vorliegenden Fall bezeichnet Starkregen ein Ereignis, bei dem an einem Tag eine Niederschlagsmenge von mehr als 20 mm pro m² fällt, was einer Wassersäule von 20 mm entspricht.

Starkregen kann lokal begrenzt und mit sehr kurzer Vorwarnzeit zu **verheerenden Überschwemmungen** führen. Wenn eine hohe Niederschlagsmenge von den Böden nicht aufgenommen werden kann, verwandeln sich selbst harmlose Bäche innerhalb kürzester Zeit in reißende Ströme, treten über die Ufer und führen zu verheerenden Zerstörungen, wie z. B. infolge eines Sommergewitters im baden-württembergischen Braunsbach 2016. Da bei Starkregenereignissen das Wasser häufig gar nicht bis in die Vorfluter gelangt, sind auch nicht an Fließgewässern gelegene Gebiete von den Gefahren betroffen. In Städten und Dörfern führt

Starkregen zu Überschwemmungen, z. B. von Straßen, Unterführungen, Tiefgaragen, Kellern, etc.. Durch das schnell strömende Wasser besteht hier in Extremfällen Gefahr für Leib und Leben. In hügeligem Terrain kann wild abfließendes Hangwasser eine weitere Gefahr darstellen. Auch Bodenerosion, Hangrutschungen und Schlammlawinen treten häufig bei Starkregen auf und gefährden hangabwärts gelegene Gebiete. Insgesamt ist das reißend abfließende Wasser durch ein hohes Zerstörungspotential gekennzeichnet, da es auch schwere Gegenstände wie Autos, Baumaschinen, etc. mit sich führt sowie große Mengen an Geröll erodiert und verlagert.

TABELLE: Langjährige Mittelwerte der Tage mit Starkregen an verschiedenen Stationen in der Oberrheinregion¹

Ort	Tage / Jahr	Periode	Höhe über NN in m
Karlsruhe Rheinstetten	6,8	1971-2000	112
Straßburg-Entzheim	3,4	1971-2000	150
Freiburg	7,2	1971-2000	236
Basel-Binningen	5,7	1961-2009	316
Wangenbourg*	11	1991-2010	465
Weinbiet / Pfälzer Wald	2,2	1971-2000	553
Hornisgrinde	28,8	1971-2000	1.119
Feldberg / Schwarzwald	22,7	1971-2000	1.490

* Die Station Wangenbourg wurde erst im Mai 1990 eingerichtet.

Die Tabelle zeigt, dass sich die **Anzahl der Tage mit Starkregen regional stark unterscheidet**. Werden in der Rheinebene durchschnittlich etwa 3 bis 7 Ereignisse registriert, sind es auf den Schwarzwaldgipfeln rund 3 bis 10 mal so viele. Ähnliches gilt auch für die Vogesen und den Schweizer Jura. In Leelagen wie z. B. Weinbiet im Pfälzer Wald liegt der Wert nochmals deutlich niedriger als in der Rheinebene, weil sich die meist von Westen kommenden Niederschlagsfronten an der Westseite der Mittelgebirge abregnen und die Ostseiten durch diesen Föhn-Effekt wesentlich trockener bleiben. Ähnlich niedrige Werte treten auch am Ostrand der Vogesen auf, z. B. rund um Colmar. Zudem schwankt die jährliche Anzahl der Tage mit Starkregen stark, etwa an der Station Straßburg-Entzheim zwischen 1 und 7 Tagen pro Jahr oder in Basel-Binningen zwischen 2 und 12 Tagen pro Jahr (je 1971-2000).

Zukünftige Entwicklung

Grundsätzlich gilt, dass die Wasseraufnahmekapazität der Atmosphäre bei höheren Temperaturen zunimmt, je 1 Grad Temperaturzunahme um ca. 7% (Clausius-Clapeyron-Gleichung). Dieser physikalische Zusammenhang macht einen **Anstieg von Extremniederschlägen bei fortschreitender Erwärmung** wahrscheinlich. Der Effekt ist bereits für die jüngste Vergangenheit nachweisbar. So gibt der Deutsche Wetterdienst an, dass die Zahl der Tage mit hohen Niederschlägen in Deutschland im Zeitraum 1951-2006 insgesamt zugenommen hat, und zwar in allen Regionen. Am stärksten fällt die Zunahme im Winter mit 25% aus. Frühling und Herbst weisen einen leicht ansteigenden Trend auf, für die Sommermonate ist ein Anstieg hingegen nicht nachweisbar.²

Aus den hier vorliegenden Klimakarten geht hervor, dass auch in der Oberrheinregion

das Risiko von Extremniederschlägen in Zukunft steigen wird, wobei es regionale Unterschiede gibt. So muss vor allem in den Höhenlagen des Schwarzwaldes und der Vogesen sowie an Hochrhein und Aare **in Zukunft mit mehr Starkregentagen** gerechnet werden. In weiten Teilen der Rheinebene, besonders östlich des Rheins, fällt die Zunahme wesentlich geringer aus. Insgesamt ist der erwartete Anstieg zwar nicht besonders hoch (1 – max. 5 Tage pro Jahr, je nach Szenario und Zeithorizont), jedoch ist zu bedenken, dass bereits ein einziges Starkregenereignis katastrophale Folgen haben kann. Ebenso gilt, dass Starkregen am Oberlauf kleinerer Bäche auch tiefer gelegene Orte am Unterlauf gefährden kann. Eine solche Disposition ist z. B. am Schwarzwaldwestrand oder am Vogesenstrand gegeben. Außerdem fällt auf, dass die Zunahme im starken Klimawandelszenario (RCP8.5) stärker ist als im moderaten Szenario (RCP4.5) und dass in keiner der 4 Karten ein Rückgang der Starkregenereignisse prognostiziert wird. Die Zunahme der Starkregentage wird v.a. in den Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonaten stattfinden, die bislang wenig davon betroffen sind.

Alles in allem ist davon auszugehen, dass Starkregenereignisse und die damit verbundenen Gefahren in der Oberrheinregion in Zukunft zunehmen werden, sodass es sinnvoll erscheint, vorhandene **Anpassungsmaßnahmen** auszubauen und neue zu entwickeln.

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. Zur Entwicklung von Starkregen im Klimawandel:

- Becker, P., A. Becker, C. Dalelane, Th. Deutschländer, Th. Junghänel und A. Walter (2016): Die Entwicklung von Starkniederschlägen in Deutschland. Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main. https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160719_entwicklung_starkniederschlag_deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [18.07.2019]
- Berg, P., C. Moseley und J.O. Haerter (2013): Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures. Nature Geoscience, 6(3), <http://www.nature.com/ngeo/journal/v6/n3/full/ngeo1731.html>. [18.07.2019]
- DWD (2016): Nationaler Klimareport 2016. 2. korrigierte Auflage, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 44 Seiten.
- Kunz, M., Mohr, S. und Werner, P. (2017): Niederschlag. In: Guy Brasseur, Daniela Jacob, Susanne Schuck-Zöller (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin Heidelberg, S. 57-66. DOI 10.1007/978-3-662-50397-3_7



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



Changement climatique dans le Rhin supérieur : les pluies intenses

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 du nombre de jours avec pluies intenses 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.

Par **pluies intenses**, on désigne une quantité inhabituellement élevée de précipitations sur une courte période de temps. Dans le cas présent, une pluie intense est un événement durant lequel plus de 20 litres de précipitations par m² tombent en une journée, ce qui correspond à une colonne d'eau de 20 mm.

Les pluies intenses peuvent provoquer localement des **inondations dévastatrices**, et cela avec des délais d'alerte très courts. En effet, si une part importante des précipitations ne peut pas être absorbée par le sol, même des cours d'eau inoffensifs peuvent très rapidement se transformer en de véritables torrents, débordant de leurs berges, et provoquant des destructions importantes, comme par exemple lors de l'orage estival de Braunsbach en 2016 dans le Bade-Wurtemberg. Comme l'eau n'atteint pas immédiatement les cours d'eau récepteurs lors de ces pluies intenses, les zones situées hors des cours d'eau peuvent également être

mises en danger. Dans les villes et les villages, les pluies intenses provoquent donc des inondations sur les routes, les passages souterrains, les parkings souterrains, les caves, etc. Dans des cas extrêmes, l'écoulement rapide de l'eau dû à des pluies intenses peut être un danger mortel. En terrain vallonné, dans les zones en pente, d'autres dangers menacent : érosion des sols, glissements de terrain, coulées de boue. Dans l'ensemble, l'écoulement rapide de l'eau se caractérise par un potentiel de destruction élevé, car elle transporte également des objets lourds tels que des voitures, des engins de construction, etc. et érode et déplace de grandes quantités de débris.

TABLEAU : Normales du nombre de jours de pluies intenses dans différentes stations de mesure du Rhin supérieur : ¹

Lieu	Jours / an	Période	Altitude en m.
Karlsruhe-Rheinstetten	6,8	1971-2000	112
Strasbourg-Entzheim	3,4	1971-2000	150
Freiburg	7,2	1971-2000	236
Bâle-Binningen	5,7	1961-2009	316
Wangenbourg*	11	1991-2010	465
Weinbiet / Pfälzer Wald	2,2	1971-2000	553
Hornisgrinde	28,8	1971-2000	1.119
Feldberg / Schwarzwald	22,7	1971-2000	1.490

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

Le tableau montre que le nombre de **jours de pluies intenses varie considérablement** d'une région à l'autre. Si en moyenne 3 à 7 événements sont enregistrés dans la vallée du Rhin, le nombre d'événements sur les sommets de la Forêt-Noire ou dans le massif vosgien est 3 à 10 fois plus élevé. Dans les zones sous le vent, comme par exemple à Weinbiet dans le Palatinat, la valeur est nettement inférieure à celle de la vallée du Rhin, car les fronts pluvieux viennent principalement de l'ouest, donc à l'ouest des reliefs, et subissent l'effet de foehn en s'asséchant au passage du relief. On mesure également des valeurs aussi basses pour les zones situées à l'est des Vosges, comme par exemple autour de Colmar. Le nombre de jours de pluies intenses par an peut fortement varier d'une année à l'autre. A Strasbourg-Entzheim par exemple, il varie de 1 à 7 jours par an sur la période 1971-2000, à Bâle-Binningen il se situe entre 2 et 12 jours par an.

Évolution en climat futur

La capacité d'absorption en vapeur d'eau de l'atmosphère augmente d'environ 7 % par degré d'augmentation de la température (loi de Clausius-Clapeyron). Cette loi physique rend très probable une **augmentation des précipitations extrêmes** à mesure que le réchauffement progresse. Ceci a notamment été prouvé récemment par le Service météorologique allemand qui a signalé que le nombre de jours avec de fortes précipitations en Allemagne a augmenté globalement sur la période 1951-2006, et ce dans toutes les régions. La plus forte augmentation a été enregistrée en hiver, avec + 25 %. Le printemps et l'automne montrent une plus légère tendance à la hausse, alors qu'il n'y a aucun signe d'augmentation durant les mois d'été.²

Les cartes climatiques disponibles ici montrent que le risque de précipitations extrêmes augmentera également à l'avenir dans le Rhin supérieur, bien qu'il existe des différences régionales. On peut s'attendre à **plus de jours de pluies intenses** sur les sommets de la Forêt-Noire et des Vosges, ainsi que sur la zone Constance-Bâle, et l'Aar. Dans une grande partie de la vallée du Rhin, en particulier à l'est du Rhin, l'augmentation est beaucoup plus faible. Dans l'ensemble, l'augmentation attendue n'est pas particulièrement élevée (1 à 5 jours par an selon le scénario et l'horizon temporel), mais il faut garder à l'esprit qu'une seule pluie intense peut avoir des conséquences catastrophiques. Des pluies intenses dans la partie supérieure des petits cours d'eau peuvent également mettre en danger les tronçons inférieurs. Une telle situation existe par exemple dans la partie occidentale de la Forêt Noire, et orientale des Vosges. Il est également à noter que l'augmentation des précipitations pour le scénario de changement climatique fort (RCP8.5) est supérieure à celle prévue pour le scénario modéré (RCP4.5), et qu'aucune des quatre cartes ne prévoit une diminution des pluies intenses. L'augmentation des jours de pluies intenses se produira principalement en automne, en hiver et au printemps, qui ont été jusqu'à présent peu touchés.

Dans l'ensemble, on peut supposer que les événements de pluies intenses, et les dangers qui en découlent dans le Rhin supérieur augmenteront dans le futur. Il serait donc raisonnable d'étendre les **dispositifs d'adaptation** existants, et d'en développer de nouveaux.

Citations

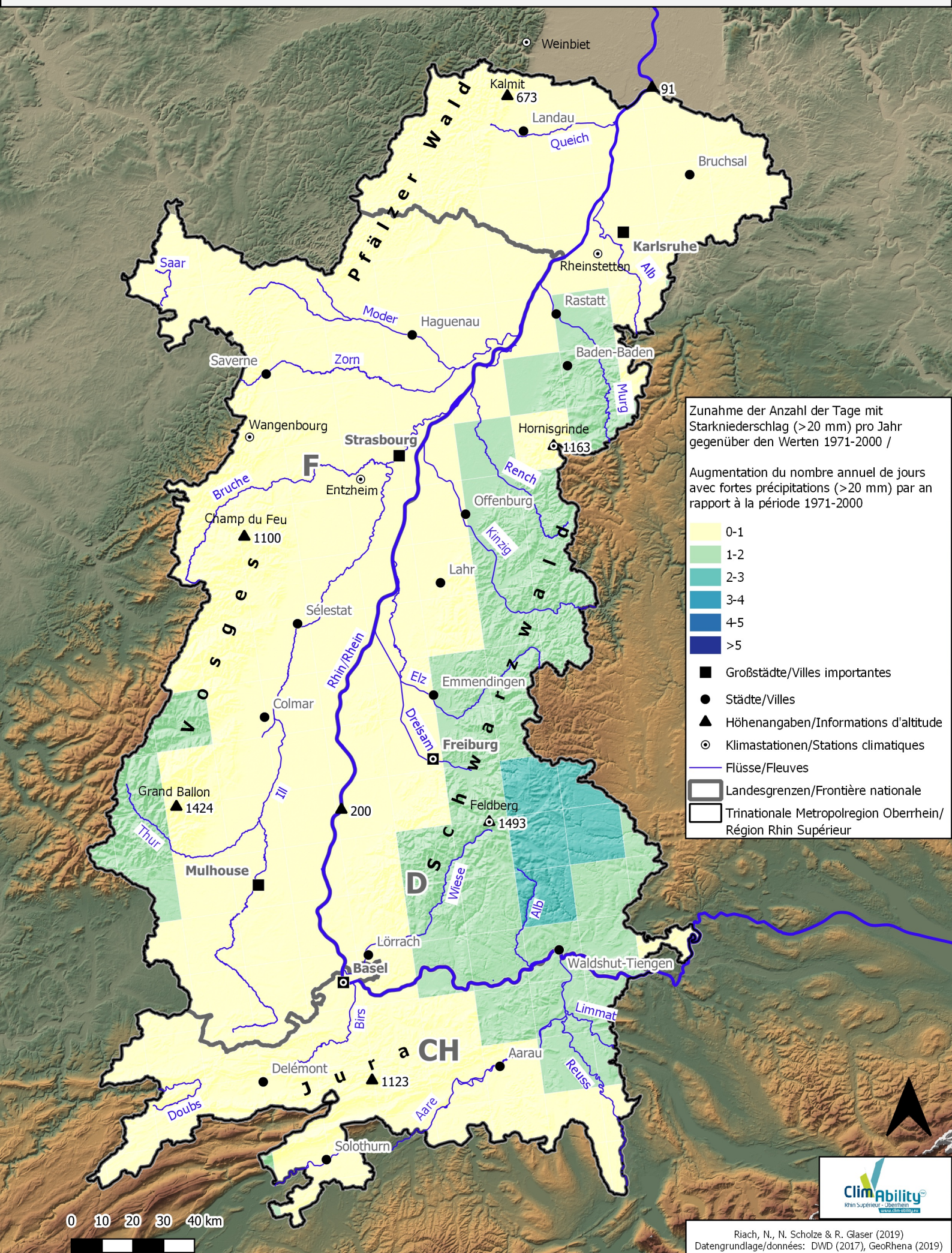
1. Les valeurs indiquées dans le tableau proviennent des sources suivantes et ont été partiellement calculées à partir de données brutes :
 - pour les stations françaises : données officielles de Météo France
 - pour les stations allemandes : données officielles du Service météorologique allemand (DWD), 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. Sur l'évolution des pluies intenses :
 - le site de Météo France sur les pluies extrêmes en France métropolitaine et en outre-mer : <http://pluies.extremes.meteo.fr/> [18.07.2019]
 - le site du projet EXTREMOSCOPE : <https://cse.ipsl.fr/projets/83-extremoscope> [22.07.2019] (rapport final, fiches)
 - Le portail DRIAS, avec ses cartes de simulations pluviométriques pour différents scénarios : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/section/213> [18.07.2019]
 - Berg, P., C. Moseley und J.O. Haerter (2013) : Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures. Nature Geoscience, 6(3), <http://www.nature.com/ngeo/journal/v6/n3/full/ngeo1731.html>. [18.07.2019]



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



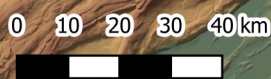
Moderater Klimawandel / Changement climatique modéré (RCP4.5) 2021-2050



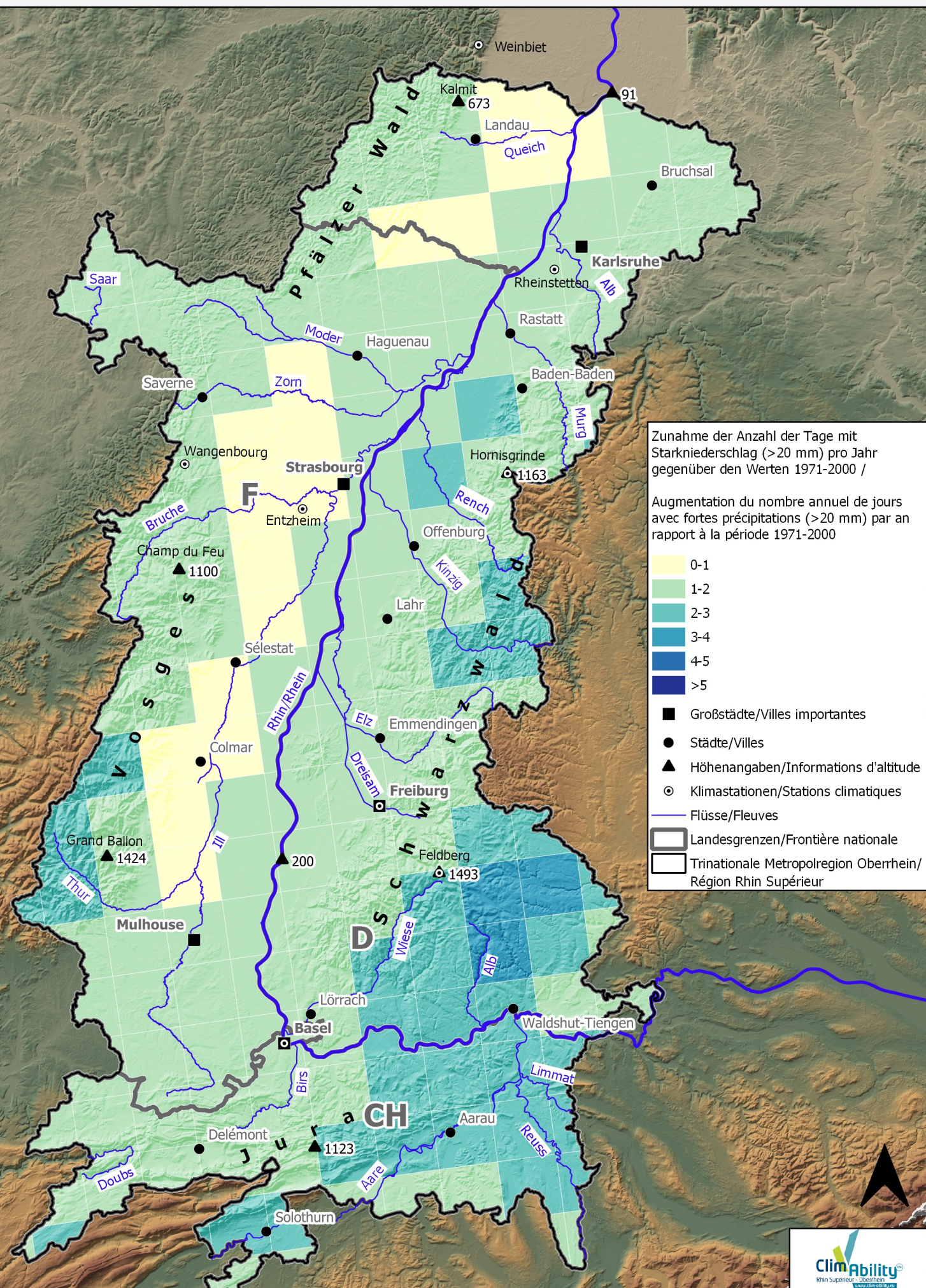
Zunahme der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (>20 mm) pro Jahr gegenüber den Werten 1971-2000 / Augmentation du nombre annuel de jours avec fortes précipitations (>20 mm) par an rapport à la période 1971-2000

0-1
1-2
2-3
3-4
4-5
>5

- Großstädte/Villes importantes
- Städte/Villes
- ▲ Höhenangaben/Informations d'altitude
- ⊙ Klimastationen/Stations climatiques
- Flüsse/Fleuves
- ▭ Landesgrenzen/Frontière nationale
- ▭ Trinationale Metropolregion Oberrhein/Région Rhin Supérieur



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



Zunahme der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (>20 mm) pro Jahr gegenüber den Werten 1971-2000 /

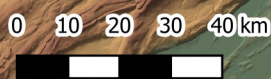
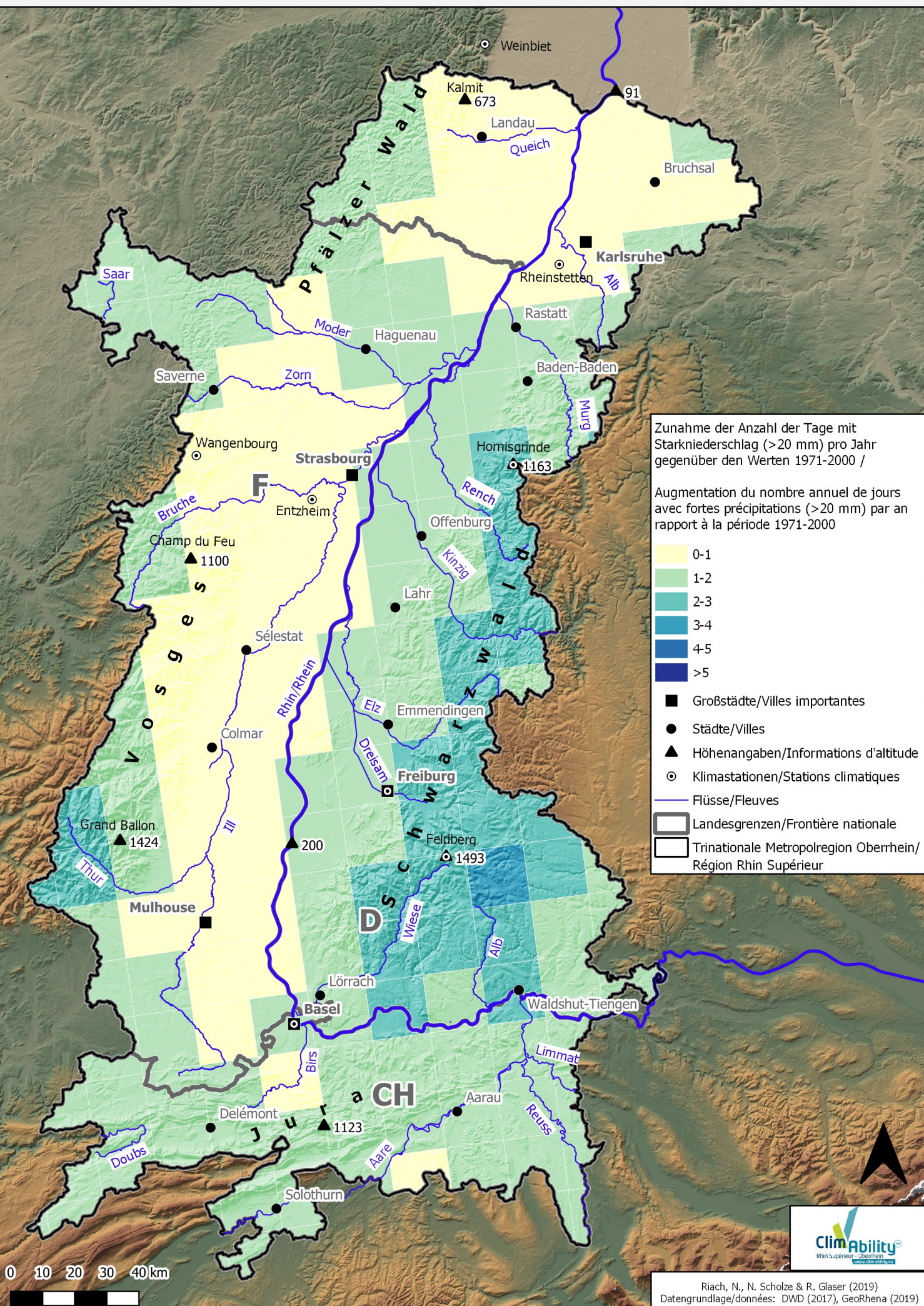
Augmentation du nombre annuel de jours avec fortes précipitations (>20 mm) par an rapport à la période 1971-2000

0-1
1-2
2-3
3-4
4-5
>5

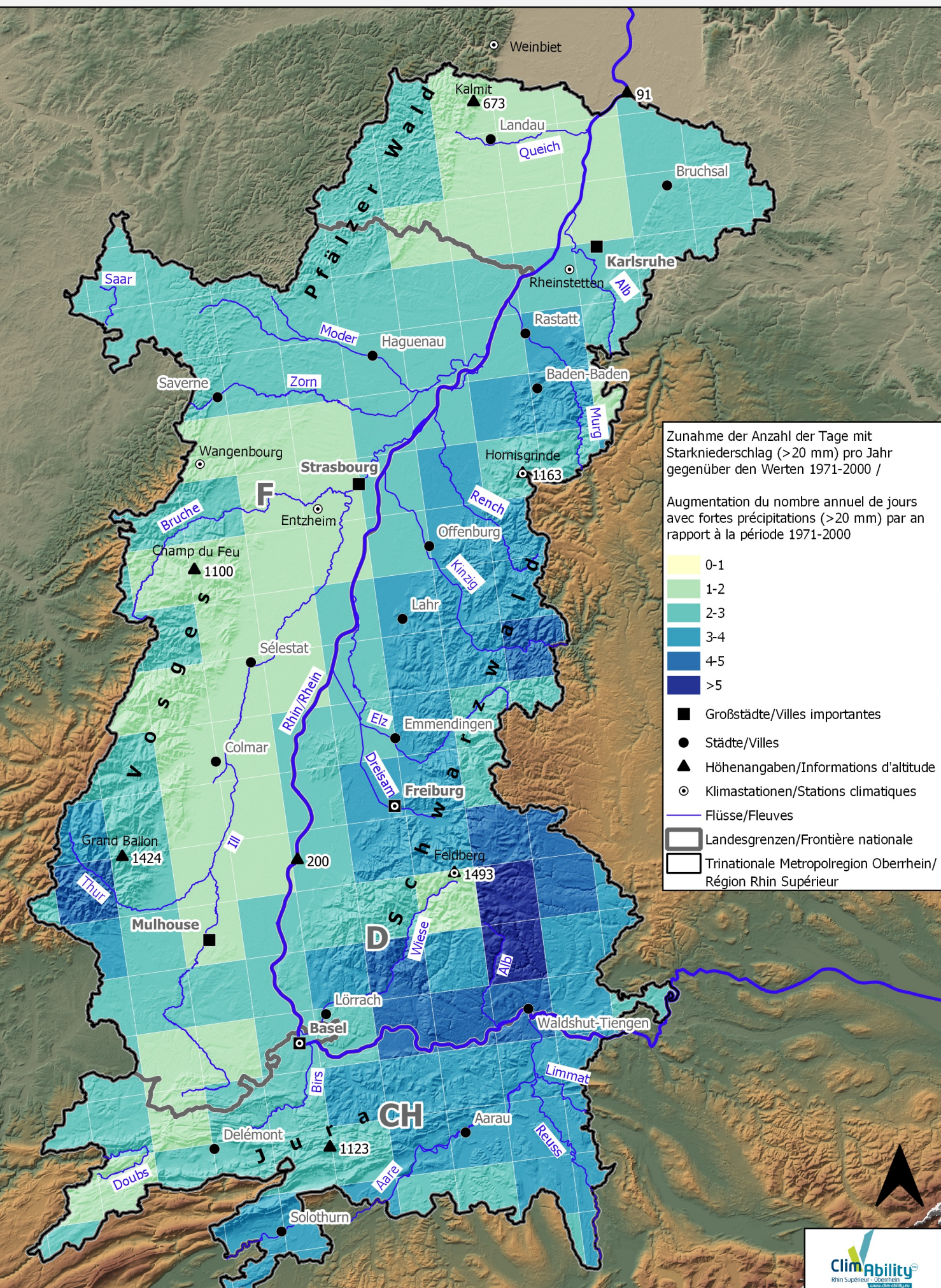
- Großstädte/Villes importantes
- Städte/Villes
- ▲ Höhenangaben/Informations d'altitude
- ⊙ Klimastationen/Stations climatiques
- Flüsse/Fleuves
- ▭ Landesgrenzen/Frontière nationale
- ▭ Trinationale Metropolregion Oberrhein/Région Rhin Supérieur



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



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



Zunahme der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (>20 mm) pro Jahr gegenüber den Werten 1971-2000 /

Augmentation du nombre annuel de jours avec fortes précipitations (>20 mm) par an rapport à la période 1971-2000

0-1
1-2
2-3
3-4
4-5
>5

- Großstädte/Villes importantes
- Städte/Villes
- ▲ Höhenangaben/Informations d'altitude
- ⊙ Klimastationen/Stations climatiques
- Flüsse/Fleuves
- ▭ Landesgrenzen/Frontière nationale
- ▭ Trinationale Metropolregion Oberrhein/Région Rhin Supérieur

