

Rapport sur l'épisode d'étiage de juillet-novembre 2018



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 263



Editeur:

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenz

Postfach 20 02 53, D 56002 Coblenz

Téléphone +49-(0)261-94252-0, télécopieur +49-(0)261-94252-52

Courriel électronique: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

Rapport sur l'épisode d'étiage de juillet-novembre 2018



Bendorf en novembre 2018 (photo : M. Braun, CIPR)



Mäuseturm (Tour aux Souris) en octobre 2018 (Photo : K. Wendling)

Résumé

L'année 2018 a été marquée par un déficit prononcé de précipitations dans le bassin du Rhin de février à novembre. Ce phénomène a donné lieu à un étiage sévère, tel qu'on n'en avait plus connu depuis presque 50 ans, et qui a d'abord touché les petites rivières avant de s'étendre dans le courant de l'année à l'ensemble du Rhin. Cet étiage s'est accompagné en août de températures élevées de l'air et de l'eau, ce qui s'est traduit par des pressions sur l'écologie et des restrictions d'exploitation des usines et centrales électriques. L'épisode d'étiage a atteint son ampleur maximale en octobre et en novembre. Rapporté aux débits d'étiage, cet épisode peut être classé comme un événement « rare » (période de retour de 15 ans) sur le Rhin supérieur méridional et comme un événement « très rare » (période de retour de 40 ans) sur le reste du cours du Rhin en aval de Worms. Rapporté à la durée de l'étiage, l'épisode est considéré sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen comme un événement d'une période de retour d'environ 50 ans et comme un événement « extrêmement rare » (période de retour centennale) sur le Rhin en aval du débouché de la Moselle. À côté des dommages écologiques, l'économie a été particulièrement affectée par des réductions de production et une forte baisse des capacités de transport sur la voie fluviale.

1 Évolution des conditions météorologiques

Le mois de janvier, plus humide qu'à l'ordinaire, s'est caractérisé par des débits élevés. Il a été suivi d'une longue période de mois plus chauds et moins humides qu'à l'habitude à partir de février 2018 et cette période n'a pris fin qu'en décembre, mois également humide qui a même généré une petite crue sur le Rhin. Ce phénomène s'explique par des zones de haute pression stables dominantes dans le nord-ouest, puis dans le nord-est de l'Europe (« situation météorologique oméga bloquante ») qui ont détourné de l'Europe et dévié vers le nord les zones de basse pression venant de l'ouest et, par là même, les masses d'air apportant potentiellement des précipitations. Les conditions météorologiques ont certes

été interrompues par quelques pluies intenses locales mais celles-ci n'ont toutefois guère eu d'impact sur le régime hydrologique du bassin rhénan. Au milieu de l'été, l'anticyclone s'est déplacé vers l'est et l'air caniculaire en provenance d'Europe du Sud est arrivé en Europe centrale, entraînant ainsi un temps très chaud et sec. La combinaison de températures de l'air élevées et de précipitations inférieures à la moyenne a fait de 2018 une année extrême. En Allemagne et en France par exemple, seul 2003 a été plus caniculaire que 2018 jusqu'à présent, mais de nouveaux records de chaleur ont été observés dans le bassin du Rhin en 2019. En Suisse, 2018 a été l'année la plus chaude mesurée depuis 1864, de même que l'été (d'avril à septembre) de cette même année, avec une température de 12,8 °C en moyenne nationale (valeur normale 1981-2010 : 10,4 °C).

La sécheresse étendue, qui a couvert une grande partie de l'Europe centrale et le bassin du Rhin, a été caractérisée par des déficits importants de précipitations. Sur le bassin allemand du Rhin, on a relevé entre février et novembre 2018 un déficit de précipitations d'environ 45 % (voir tableau 1), sur le bassin français du Rhin de 50 à 70 % (juillet, août et septembre 2018), sur le bassin suisse (d'avril à novembre 2018, voir figure 1), autrichien et liechtensteinois (Rhin alpin, lac de Constance) de quelque 30 % à 40 %. Les Pays-Bas ont également souffert de grands déficits de précipitations (voir figure 2). En Suisse orientale, le manque de pluie prolongé a même pris le caractère d'un épisode centennal (déficit de pluie entre avril et novembre de loin le plus important depuis le début des mesures en 1864). Ce déficit de précipitations a duré jusqu'en novembre/décembre 2018.

Tableau 1 : déficit de précipitations dans le bassin allemand du Rhin (données : rapport météorologique du service météorologique allemand - DWD, 2018)

Déficit de précipitations dans le bassin du Rhin (uniquement partie allemande)

2018	P Rhin jusqu'au Main [mm]	[%] de la moyenne pluriannuelle	Déficit [mm]	P Main [mm]	[%] de la moyenne pluriannuelle	Déficit [mm]	P Rhin à partir du Main [mm]	[%] de la moyenne pluriannuelle	Déficit [mm]
Janv.	157	209	-82	96	144	-29	117	142	-35
Fév.	34	49	35	13	23	44	17	26	48
Mars	50	63	29	54	84	10	58	77	17
Avril	30	44	38	43	85	8	41	73	15
Mai	92	94	6	61	87	9	75	104	-3
Juin	56	61	36	44	61	28	54	72	21
Juil.	46	47	52	39	48	42	31	40	47
Août	52	62	32	21	32	45	43	59	30
Sept.	46	60	31	42	65	23	42	57	32
Oct.	28	33	57	19	29	47	22	29	54
Nov.	23	29	56	16	25	48	31	39	48
Déc.	144	154	-50	123	161	-47	133	151	-45
Total	758	76	240	571	72	227	664	74	230
Déficit en 2018			24%			28%			26%
Déficit de fév. à nov.			45%			46%			43%

Moyenne = 1981 - 2010 Uniquement stations allemandes Source : Service météorologique allemand

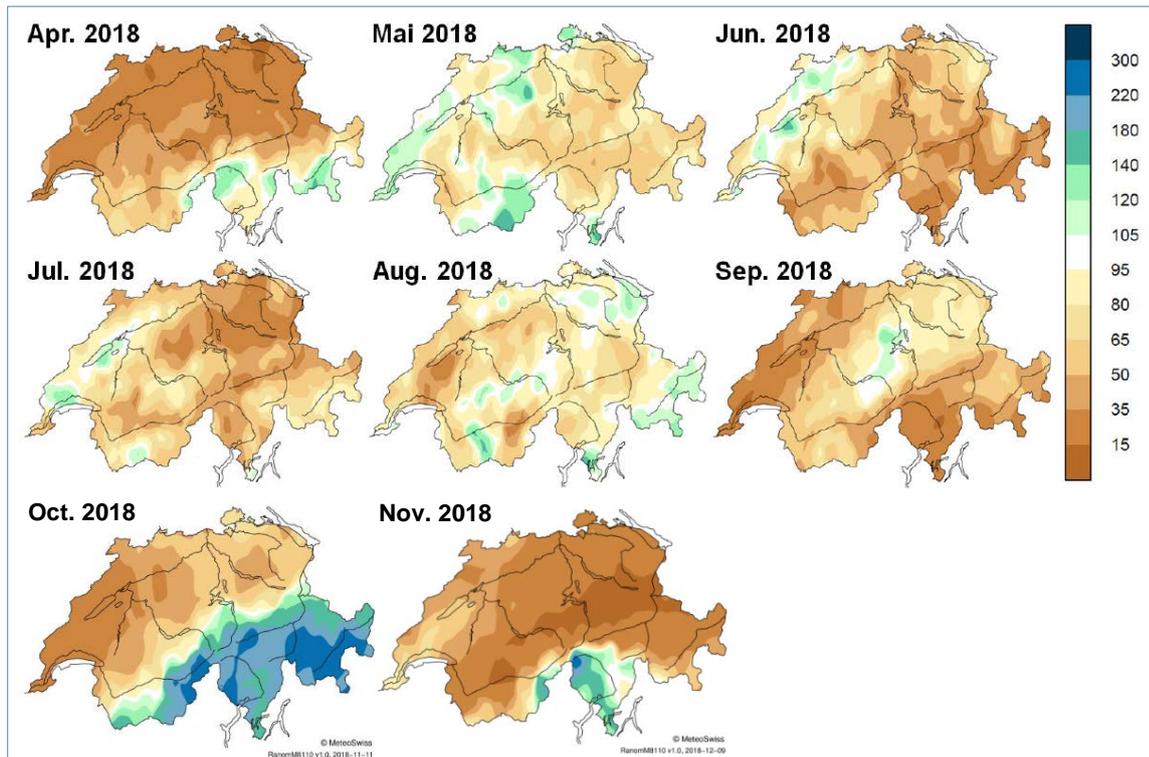
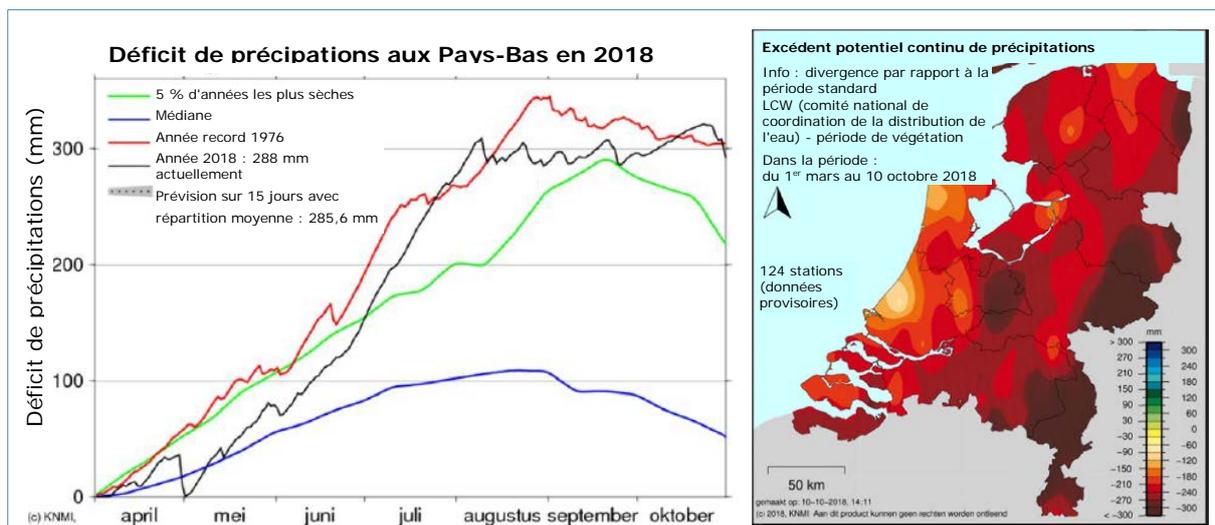


Figure 1 : répartition géographique des écarts de précipitations relatifs mensuels d'avril à novembre. La figure présente le rapport avec la norme 1981-2010 en pourcentage (tiré de : MétéoSuisse 2018A, complété par MétéoSuisse 2018B et MétéoSuisse 2018C).



Déficit national moyen de précipitations et excédent continu potentiel de précipitations (données du KNMI, mise à jour : octobre 2018)

2 Évolution des conditions hydrologiques

2017 ayant été une année moyenne en termes de quantités de précipitations et début 2018 également bien alimenté en pluie, l'étiage s'est manifesté avec un certain décalage dans le temps (figure 3). Par la suite, les faibles précipitations ont donné lieu à une situation d'étiage prononcée et exceptionnellement longue sur le Rhin et ses affluents. Comme attendu, les quelques événements de pluie de forte intensité n'ont pas eu d'impact essentiel sur le débit des grands cours d'eau. Par rapport à l'épisode d'étiage de 2003, celui de 2018 a été nettement plus long et plus intense sur le Rhin.

La période d'étiage 2018 s'est achevée avec le basculement de la situation météorologique générale (précipitations) et une petite hausse des débits début décembre, de même qu'une crue plus prononcée dans la deuxième moitié du mois de décembre (voir figure 3). Dans le bassin français du Rhin, les dix premiers jours de décembre 2018 ont été caractérisés par des précipitations 3 fois supérieures à la normale. En analysant le débit de base, la BfG a pu suivre et pronostiquer dans quelle mesure la sécheresse de 2018 avait pu avoir des répercussions sur les débits d'étiage de l'année suivante du fait de réservoirs souterrains qui n'étaient pas encore rechargés (voir chapitre 5).

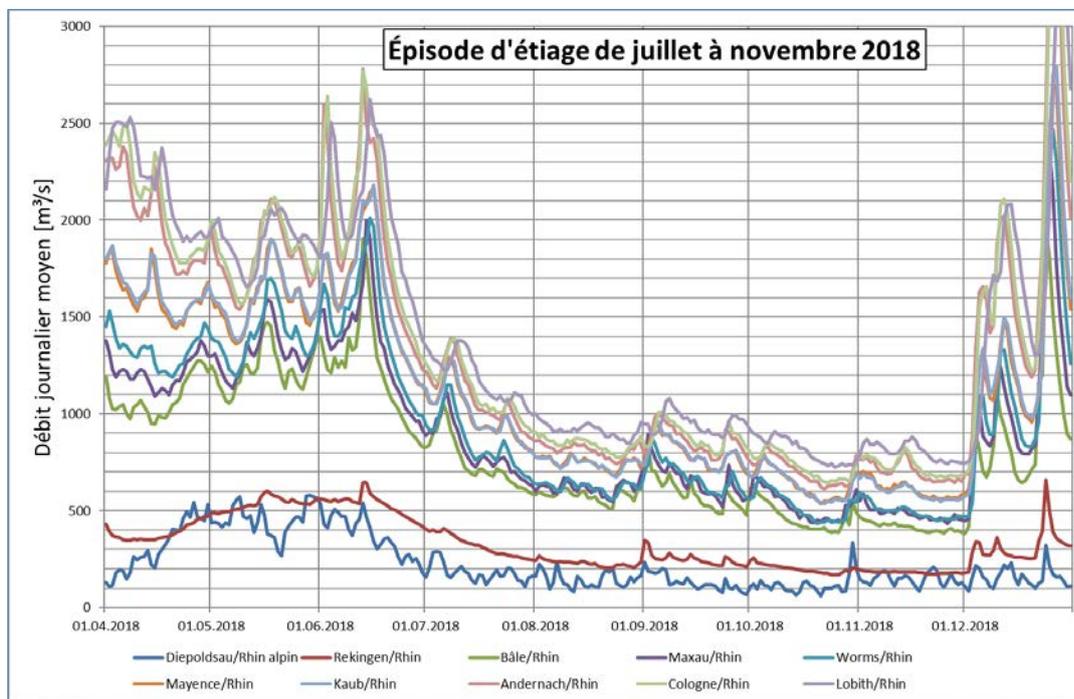


Figure 3 : débits aux échelles de référence du bassin du Rhin

Les températures printanières élevées ont entraîné une fonte précoce de la neige, qui était tombée en quantités supérieures à la moyenne dans les Alpes durant l'hiver 2017/2018. Dès l'été, les débits étaient déjà extrêmement bas dans quelques **cours d'eau**, notamment dans le centre et la partie est du Mittelland suisse. À l'automne, l'étiage s'est progressivement étendu aux cours d'eau de la partie ouest du Mittelland et du Jura. Des débits très faibles n'ont pas uniquement été enregistrés dans les petits cours d'eau mais aussi dans de nombreuses rivières de plus grand gabarit en Suisse alémanique (Limmat, Reuss, Aar et Rhin). De nombreuses rivières ont affiché des débits qui surviennent uniquement tous les 2 à 10 ans, voire plus rarement encore, comme par ex. sur le cours aval de l'Aar. La situation a été similaire en Autriche où de nombreux petits cours d'eau sont complètement tombés à sec. En revanche, la situation a été complètement différente dans les bassins de haute montagne recouverts de glaciers. Ici, la canicule de fin juillet et début août a entraîné une fonte prononcée des glaciers, ce qui s'est traduit jusqu'en octobre par des débits normaux, voire sensiblement supérieurs à la moyenne.

Le [monitoring des étiages CIPR](#) réalisé pour le Rhin depuis 2018 a fourni des informations sur l'intensité de l'épisode d'étiage. Aux échelles **du Rhin**, les débits sont restés moyens jusqu'en juillet. Après avoir atteint un pic à la mi-juin, ils ont sensiblement baissé jusque fin novembre, à l'exception de deux hausses intermédiaires de faible ampleur (voir figure 3).

Le tableau 2 et les figures 4 et 5, de même que les graphiques en annexe I, présentent la classification statistique et le classement de l'épisode d'étiage 2018 à hauteur des différentes échelles du Rhin, conformément au monitoring CIPR des étiages (cf. [Rapport CIPR n° 248, monitoring opérationnel des étiages](#) et [rapport explicatif n° 261](#) correspondant).

Tableau 2 : paramètres et classification statistique de l'épisode d'étiage 2018 selon le monitoring CIPR (débits et durée)

	Débit d'étiage [m ³ /s]			Durée de l'étiage [jours]		
	MNM7Q 1961-2010	NM7Q juillet/nov. 2018	Période de retour juillet/nov. 2018	MaxD < NM7Q2 1961-2010	maxD < MNM7Q juillet/nov. 2018	Période de retour juillet/nov. 2018
Diepoldsau	92,2	92,7	2	4	0	-
Rekingen	238	174,9	10	7	61	20
Bâle	527	391,8	15	5	56*	50*
Maxau	645	447,7	15	5	79	>50
Worms	720	443,6	40	5	84	>50
Mayence	850	555,0	40	6	85	>50
Kaub	851	548,1	35	6	84	>50
Andernach	998	629,6	40	6	131*	> 100
Cologne	1028	655,9	40	6	130	> 100
Lobith	1095	737,4	35	6	131	> 100

*(épisode interrompu pendant 1 journée)

MaxD = durée maximale de jours consécutifs < MNM7Q
 NM7Q = plus petit débit moyen de 7 jours consécutifs sur une année
 NM7Q2 = débit d'étiage NM7Q d'une période de retour de 2 ans
 Les périodes de retour se réfèrent à la période de référence 1961 - 2010
 MNM7Q = moyenne pluriannuelle de NM7Q

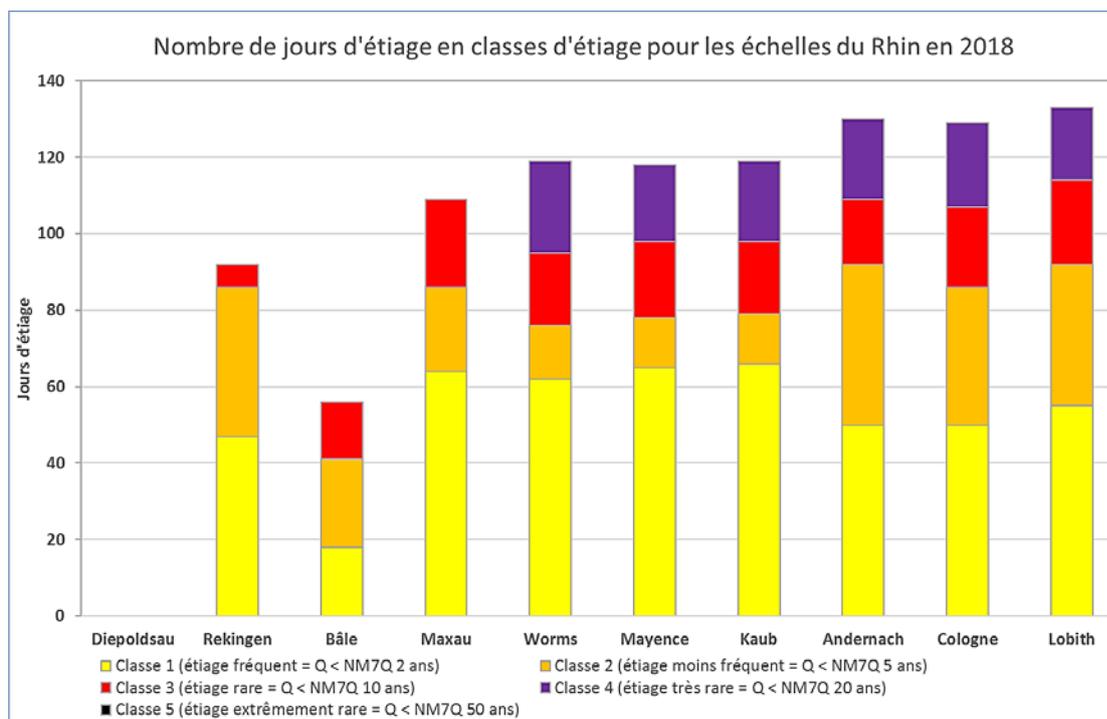


Figure 4 : nombre de jours d'étiage transposé en classes d'étiage selon le monitoring CIPR

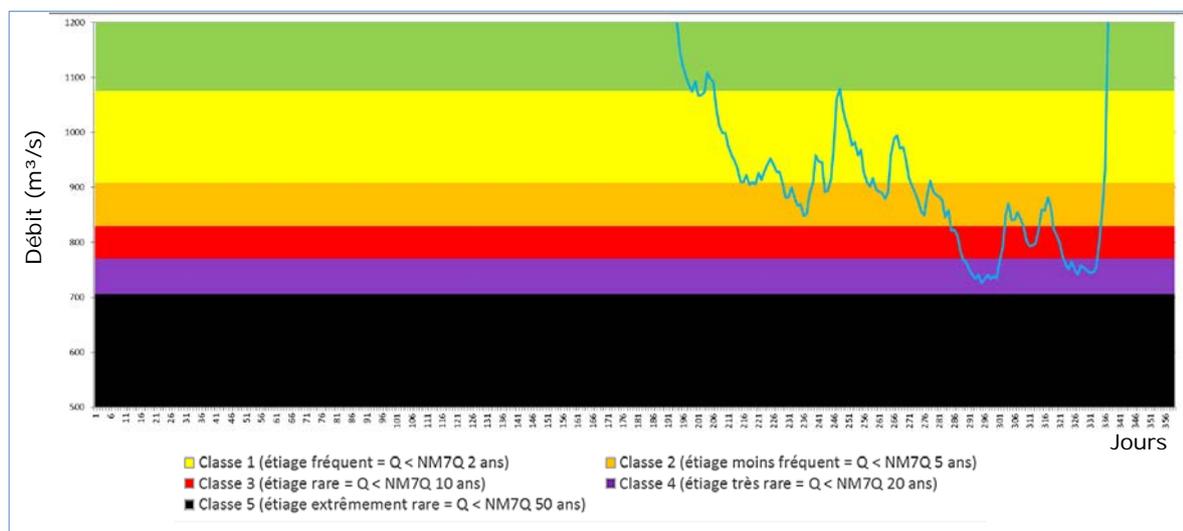


Figure 5 : évolution des débits (moyennes journalières) à Lobith en 2018 transposée en classes selon le monitoring CIPR

Grâce au soutien dû à la fonte des neiges/des glaciers et en raison de l'impact de la régulation anthropique à partir de l'automne, il ne s'est pas produit de **débits d'étiage** exceptionnels à l'échelle de Diepoldsau/Rhin alpin (cf. tableau 2, figures 3 et 4 et annexe I). Les débits tombent sont tombés au-dessous des seuils d'étiage seulement en aval du lac de Constance à hauteur de l'échelle de Rekingen à partir de la mi-août. En aval de la confluence de l'Aar, les débits n'ont baissé à l'échelle de Bâle qu'à partir d'octobre. À Maxau, la période d'étiage prononcée sur le Rhin a commencé fin septembre. Les échelles de Rekingen à Maxau ont atteint le niveau d'un « étiage rare », c'est-à-dire de débits affichant une période de retour inférieure à 10 ans. Toutes les échelles de Worms à Kaub ont connu une période d'étiage nettement plus prononcée avec environ 20 jours affichant des débits de la classe 4 (« étiage extrêmement rare ») sur les quelque 120 jours d'étiage au total, ce qui correspond à un étiage d'une période de retour supérieure à 20 ans. En aval de la confluence de la Moselle, la situation d'étiage s'est encore aggravée sur le Rhin inférieur et jusqu'aux Pays-Bas. Environ 130 jours d'étiage ont été atteints aux échelles d'Andernach, de Cologne et de Lobith, avec là aussi des débits inférieurs à la classe d'« étiage très rare » pendant environ 20 jours. Les débits minimaux correspondaient à une période de retour de 10 à 15 ans sur le haut Rhin et le Rhin supérieur jusqu'à l'échelle de Maxau, et de 35 à 40 ans à partir de l'échelle de Worms et plus en aval.

L'analyse de la **durée maximale en dessous du seuil défini** (cf. tableau 2) fait ressortir des probabilités d'occurrence encore plus rares. Alors qu'à Rekingen, la durée de l'étiage correspondait à un épisode d'une période de retour de 20 ans, celle observée sur le Rhin supérieur jusqu'à l'échelle de Kaub comprise représentait un épisode de récurrence cinquantennale. Sur le Rhin inférieur, entre Andernach et Lobith, la durée de l'épisode était au moins celle d'un étiage centennal.

Dans une **rétrospective historique** (voir annexe I), l'épisode d'étiage relevé entre Rekingen et Bâle n'a pas été exceptionnel et il correspond à l'ordre de grandeur des épisodes survenus au cours des 50 dernières années. En aval du Neckar et du Main, l'ampleur de l'étiage a sensiblement augmenté et l'épisode peut donc être considéré comme le plus important des 50 dernières années entre Maxau et Mayence. À partir de l'échelle de Kaub, et plus particulièrement en aval de la Moselle, l'épisode d'étiage est le plus important des 50 dernières années quant à son ampleur et correspond aux épisodes d'étiage les plus marqués de la première moitié du siècle passé.

Dans quelques petits **lacs** du Mittelland suisse, les niveaux d'eau observés dès le mois d'août étaient extrêmement bas et affichaient des périodes de retour supérieures à 30 ans. Les lacs situés au pied du Jura ont pu être régulés à un niveau moyen jusqu'à l'automne, mais ont atteint en novembre des niveaux également très bas, tels qu'ils ne se produisent que tous les 10 à 30 ans. Les niveaux d'eau des lacs non régulés de Constance (lac inférieur) et de Walenstadt sont tombés à l'automne à des valeurs d'une période de retour de 2 à 5 ans, sans atteindre toutefois le niveau d'eau minimal pluriannuel du lac. Par

ailleurs, les Pays-Bas ont transféré de l'eau douce des bras du Rhin vers l'IJsselmeer pour gérer le mieux possible son niveau.

Grâce à une très bonne recharge durant l'hiver 2017-2018, les **niveaux de la nappe souterraine** étaient élevés dans certaines régions au début de l'été (NB : en Autriche, le niveau des eaux souterraines baissait déjà dès avril). La perte d'eau souterraine s'est poursuivie après l'été, ce qui a entraîné de très faibles niveaux de nappe. La nappe a commencé à se recharger en décembre avec deux mois de retard. Début 2019, les valeurs des niveaux de la nappe souterraine et des débits de source étaient encore largement inférieures à la normale.

3 impacts sur la qualité de l'eau et l'écologie

On a observé parallèlement aux faibles débits une hausse tendancielle des **concentrations de quelques substances principalement dissoutes dans l'eau**, par ex. les chlorures, quelques médicaments comme la carbamazépine et le diclofénac, et des produits chimiques industriels comme le 1,4-dioxane dans le cours aval du Rhin (voir figures 6 et 7). On constate à plusieurs reprises dans des stations d'analyse une corrélation (négative) très étroite entre les débits et les concentrations de ces substances. À l'opposé, on observe pour le zinc, une substance plutôt liée aux particules, une corrélation positive avec le débit, tout comme pour les substances filtrables.

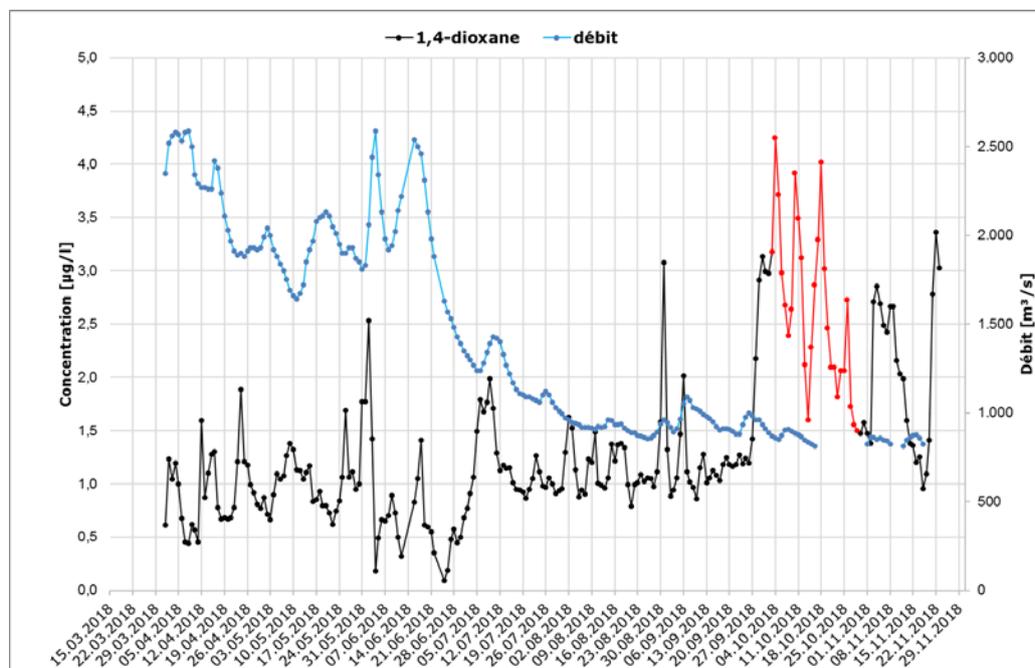
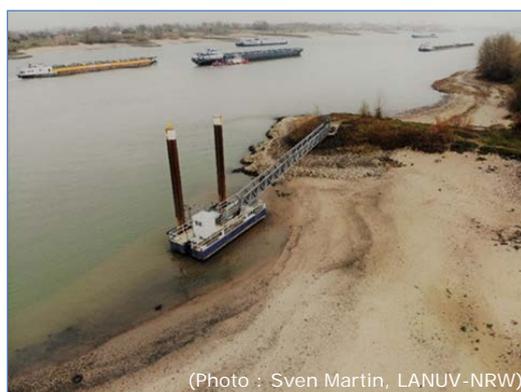


Figure 6 : concentrations de 1,4-dioxane et débits dans la station d'analyse internationale de Bimmen.



(Photo : Sven Martin, LANUV-NRW)



(Photo : Sven Martin, LANUV-NRW)

Figure 7 : ponton d'analyse de la station de Bimmen (PK Rhin 865) en novembre 2018

La valeur d'orientation du zinc a été dépassée à partir d'août et la valeur indicative pour l'eau potable des autorités néerlandaises a également connu de fréquents dépassements à partir de septembre 2018 à hauteur de la frontière germano-néerlandaise. En revanche, aucune corrélation entre le débit et la concentration n'est observée pour les nutriments.

En lien avec les températures très élevées de l'air, de très hautes **températures de l'eau** ont été relevées, notamment pendant la phase de l' « étiage estival » de juillet et août. La valeur d'orientation de 25 °C pour le bon état écologique/le bon potentiel écologique a été dépassée de mi-juillet à fin août à Worms, Mayence et Coblenz (voir figure 8). Selon les informations allemandes, les températures de l'eau ont atteint des valeurs légèrement inférieures à celles de 2003 et selon les indications suisses, elles ont battu tous les records depuis qu'ont démarré les enregistrements (le plus souvent vers le début des années 1970). Néanmoins, malgré ces fortes températures de l'eau, le **taux d'oxygène** n'a généralement pas posé problème dans différentes parties du Rhin. Ceci a également été le cas pour la plupart des principaux affluents (régulés) : en 2018, le taux d'oxygène dans la Moselle a été plus élevé ou est resté au même niveau que les années précédentes. Selon le plan d'alerte Main Écologie fluviale, un manque d'oxygène critique variant entre 4,0 et 4,5 mg/l d'oxygène a été observé temporairement sur le Main. Pour cette raison, des mesures de stabilisation du régime d'oxygène (aération par turbines, surverse) ont également été prises à titre de précaution sur le Neckar.

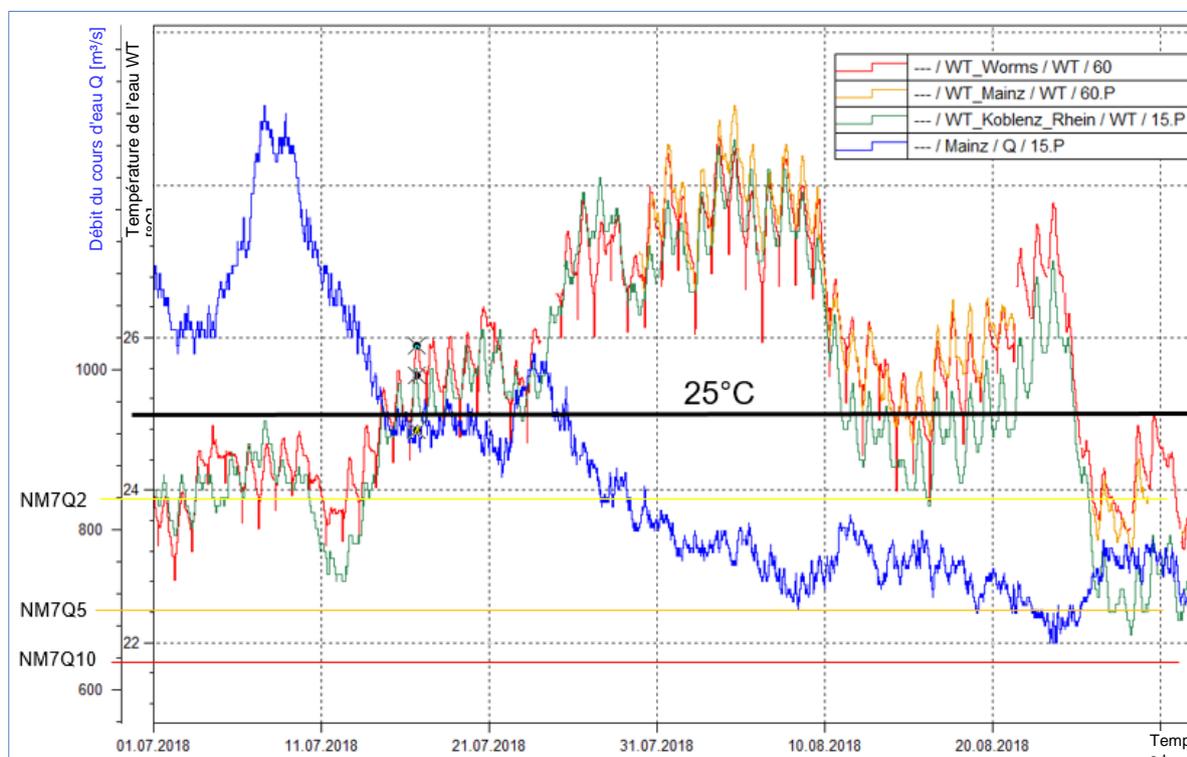


figure 8 : évolution des températures au droit de quelques échelles du Rhin entre juillet et fin août 2018

Les faibles niveaux d'eau et les températures élevées de l'eau ont eu des répercussions sur les **organismes** aquatiques. Dans le Rhin à hauteur de Coblenz par exemple, la valeur de 25 °C, critique pour de nombreuses espèces piscicoles et invertébrées dans le Rhin, a été dépassée en 2018 durant 31 jours consécutifs (BfG, 2019). En août, alors que les températures de l'eau atteignaient 27 °C, on a observé une mortalité piscicole dans le haut Rhin, notamment d'ombres. Les têtes de bassin et les cours amont de certaines rivières sont parfois tombés à sec dans le bassin du Rhin. À l'échelle régionale, des poissons ont été capturés dans les eaux risquant d'être à sec et transportés dans des piscicultures ou d'autres cours d'eau afin de préserver les peuplements. D'autres mesures ont également été prises (ombrages artificiels, interdictions de baignade aux endroits critiques, etc.). L'assèchement de petits cours d'eau et de rivières latérales a occasionné des mortalités de poissons et parfois même d'espèces macrozoobenthiques dans quelques cantons suisses. Des cas de mortalité piscicole ont également été constatés au

Liechtenstein. Dans le bassin allemand du Rhin, il n'a pas été observé de mortalité piscicole significative dans le Rhin sous l'effet du climat mais uniquement des poissons morts dans les étangs ou des petits lacs des plaines alluviales (en Rhénanie-du-Nord-Westphalie et en Bavière). Malgré les températures élevées, l'oxygénation du Rhin à écoulement libre et des principaux affluents (régulés) est restée suffisante pour les poissons (= au-dessus de la valeur de 7 mg/l critique pour les poissons). Quelques cas de mortalité de coquillages ont été signalés mais aucun phénomène massif. Dans l'ensemble, les analyses des peuplements de poissons juvéniles et de macrozoobenthos n'ont pas présenté d'anomalie, tous les animaux étaient vigoureux. Les analyses ont toutefois porté principalement sur des espèces néozoaires connues pour mieux supporter de telles situations que les espèces indigènes.

Par ailleurs, le débit est un stimulateur important pour les activités de migration. Le raccordement des affluents au milieu récepteur a parfois été limité (continuité interrompue, très faibles chiffres de remontée de poissons migrateurs dans de nombreux affluents du Rhin, absence de dévalaison d'anguilles matures) et certaines zones alluviales sont partiellement tombées à sec. Les phases caniculaires et d'étiage ont détérioré les conditions de reproduction de la faune ; les éventuelles répercussions négatives ne seront toutefois identifiables qu'en 2019.

Comme en 2017, un bloom de cyanobactéries du genre *microcystis* potentiellement générateur de toxines est apparu en 2018 sur tout le linéaire de la Moselle. Ce bloom n'a pris fin que vers fin octobre. A titre de précaution, la Rhénanie-Palatinat a publié des avertissements relatifs aux usages récréatifs de la Moselle.

Par rapport à 2017, le bloom de cyanobactéries de 2018 a affiché des pics de plus de 80 µg/l de chlorophylle de cyanobactéries par litre, et a donc été nettement plus prononcé et plus long en raison des faibles débits prolongés.

L'apparition des « blooms de cyanobactéries » a été favorisée jusque fin octobre par le long temps de séjour de l'eau entre les barrages de la Moselle et son ralentissement supplémentaire dû la situation d'étiage. L'ensoleillement intense et les températures élevées liés aux conditions météorologiques ont renforcé ce phénomène.

Des problèmes d'approvisionnement en eau potable sont survenus notamment à Andijk aux Pays-Bas du fait de teneurs élevées en chlorures. Il a été déconseillé de se baigner en différents endroits à cause de problèmes dus aux cyanophycées.

À certains endroits, les étiages ont entraîné localement une forte croissance de certaines espèces végétales. On a observé le développement de chlorophycées dans le Rhin moyen. À certains endroits asséchés du Rhin, de grands peuplements de salvinies nageantes (*Salvinia natans*) et de joncs fleuris (*Butomus umbellatus*) ainsi que des tapis étendus de la rare limoselle aquatique (*Limosella aquatica* ; voir figure 9) ont été identifiés. Dans le lac de Constance également, les étiages et les températures ont stimulé la croissance de plantes aquatiques, de marées vertes locales et de méduses d'eau douce thermophiles inoffensives pour l'homme.



Figure 9 : limoselle aquatique (*Limosella aquatica*) (berges du Rhin à hauteur de Bingerbrück, 20.10.2018) (tiré de LFU RP 2019)

4 Vulnérabilités particulières (restrictions d'utilisation, dommages, incidents) et mesures prises

L'été sec et caniculaire a donné lieu à une hausse sensible de la **consommation d'eau**, de nombreuses **interdictions de prélèvement d'eau** (entre autres pour l'irrigation agricole), à des appels (au public, à l'agriculture, à l'industrie) à économiser l'eau ainsi qu'à des pertes de récoltes dans **l'agriculture** à grande échelle. Globalement, les restrictions d'utilisation de l'eau se sont concentrées sur les prélèvements dans des cours d'eau de petite et moyenne taille ainsi que sur des ressources locales d'eau souterraine. Bien que **l'approvisionnement public en eau** ait été assuré à quelques exceptions près, la période d'étiage et de sécheresse a eu un grand retentissement dans les médias et a renforcé la sensibilité du public et des usagers à cette problématique. Les principales évolutions et les problèmes rencontrés par les États du Rhin au niveau de l'approvisionnement en eau et de la consommation d'eau (eau potable, agriculture, ...) sont résumés ci-dessous :

- En **Suisse**, l'agriculture a subi des pertes directes au niveau des récoltes de céréales et de légumes et une pénurie nationale de fourrage pour le bétail en hiver en raison de la trop faible production de foin. Par ailleurs, les restrictions ou interdictions de prélèvement d'eau à partir des eaux de surface dans de nombreux cantons suisses ont contraint certains agriculteurs à se rabattre sur l'eau potable pour irriguer, ce qui - dans des cas exceptionnels - a sollicité les infrastructures d'approvisionnement en eau jusqu'à leurs limites. Dans l'ensemble, les difficultés d'approvisionnement ont pu être compensées pour la plupart par les réseaux de distribution et des mesures d'alimentation d'urgence (puits de secours, alimentation par camion-citerne, transport aérien d'eau pour l'abreuvement du bétail dans les zones d'estivage) n'ont été prises que dans de rares cas.
- En **Autriche et au Liechtenstein**, l'alimentation en eau a pu être assurée par des conduites interconnectées déjà installées et par le réseau des communes et des usines d'eau publiques. En Autriche, des transports d'eau (par camion-citerne) se sont toutefois avérés nécessaires dans quelques alpages (isolés) pour garantir l'alimentation en eau potable. L'été 2018 a montré au Liechtenstein qu'assurer l'irrigation agricole pendant les périodes de sécheresse impliquait de prélever l'eau d'irrigation agricole sur le réseau d'eau potable et/ou dans la nappe souterraine.
- En **Allemagne**, une interdiction de prélever de l'eau dans les ruisseaux et rivières (« usage commun ») a été appliquée dans certains sous-bassins de la partie hessoise du bassin du Rhin à partir de fin juillet, les débits faibles étant devenus critiques dans les petits cours d'eau. En Rhénanie-Palatinat (RP), la forte consommation d'eau et une baisse sensible des débits de source dans les massifs moyens ont entraîné localement des problèmes de captage qui ont dû être compensés par l'achat d'eau potable auprès de producteurs d'eau voisins. Dans le cas d'installations de filtrat de rive sur le Rhin, le faible niveau des eaux a débouché sur un taux d'infiltration plus bas et, par là même, sur des baisses de captage jusqu'à 40 % et sur des pertes sensibles des usines d'eau. Au Bade-Wurtemberg (BW) comme en Bavière (BY), il a fallu limiter l'usage commun de la ressource en eau sur de nombreux cours d'eau. L'agriculture a subi des pertes de récolte totales ou partielles. En revanche, la récolte de fruits et les vendanges ont donné de meilleurs résultats qu'à l'habitude. Le centre de prévision des crues du LUBW a été en régime continu de suivi des étiages du 25 juillet au 3 décembre 2018 (avec de brèves interruptions dues à des pluies intenses) et a publié régulièrement des prévisions et rapports d'étiage. En BY, le « Niedrigwasser-Informationsdienst - NID » (service d'information sur les étiages) a joué un rôle important dans l'information du secteur de l'eau et du grand public. Ici, le Main a été suivi intensément dans le cadre du plan d'alerte Main Écologie fluviale. En regard des hautes températures de l'eau et du manque temporaire d'oxygène en situation de faibles débits, des « pré-avertissements » ont été déclenchés sur 36 jours, des « avertissements » sur 17 jours et des « alertes » sur 10 jours. Durant cette période, on s'est abstenu de toutes les activités susceptibles de contribuer à une dégradation de la situation, p. ex. l'élimination de boues, sur le Main. Pour assurer l'approvisionnement en eau potable et protéger les écosystèmes, le Land fédéral allemand de Rhénanie-du-Nord-Westphalie (NRW) a rabaisé temporairement

les dispositions réglementaires s'appliquant aux débits minimaux de la Ruhr, ceci pour étaler dans le temps les réserves disponibles en eau et parer à l'épuisement des ressources en eau.

Les possibilités de rehaussement des niveaux d'étiage ont été exploitées jusqu'aux dernières réserves dans le bassin allemand du Rhin. Il a parfois fallu adapter les modes de gestion des réservoirs en raison de la phase d'étiage prolongée. La sécheresse étendue a contraint par exemple à limiter le transfert d'eau du bassin du Danube vers le bassin du Main à env. 60 % du volume maximal atteint en 2015, avec env. 127 millions de m³ contre env. 206 millions de m³.

- En **France**, aucune mesure de gestion n'a dû être prise pour le Rhin, les prises d'eau sur le cours principal du Rhin étant fortement encadrées et limitées. Des mesures ont été imposées sur l'Ille et certains affluents (utilisation économe de l'eau, surveillance et restriction des rejets, surveillance et restriction des rejets, des prélèvements et des travaux en cours d'eau, optimisation de la gestion des écluses).
- Aux **Pays-Bas**, la commission nationale de coordination sur la répartition de l'eau et des « conseils régionaux sur la sécheresse » ont été activés. L'application de l'ordre prioritaire réglementaire des principaux usages (disposition de priorisation de l'accès à l'eau) a fait que la répartition de l'eau aux Pays-Bas a été ajustée à plusieurs reprises, ce qui a également eu des conséquences pour les utilisateurs de l'eau. Les mesures prises pour lutter contre la salinisation dans le canal reliant Amsterdam au Rhin en sont une bonne illustration. Cette salinisation engendrerait potentiellement des dommages irréversibles de la nature dans la plus haute catégorie (catégorie 1). Les mesures ont été prises aux dépens de l'eau potable (catégorie 2), de la navigation (catégorie 4) et de la nature (catégorie 4). La disposition d'approvisionnement en eau résilient au climat (KWA - Klimaatbestendige Wateraanvoorziening) consiste à prélever de l'eau douce dans le Lek et le Canal reliant Amsterdam au Rhin pour alimenter en eau la partie ouest des Pays-Bas. Cette disposition KWA a été exploitée au maximum en 2018 (15 m³/s). L'île de Texel a été spécialement alimentée en eau par bateaux citernes pour l'irrigation agricole locale. Par ailleurs, des fossés sont tombés à sec aux Pays-Bas sous l'effet des prélèvements d'eau importants effectués par le secteur agricole. Pour cette raison, il a été interdit dans différentes régions de prélever de l'eau dans les eaux de surface pour l'irrigation. En regard de la sécheresse observée, une table ronde sur la sécheresse a été mise en place en 2018 pour évaluer la période de sécheresse 2018, en tirer des conclusions et émettre des recommandations afin que les Pays-Bas soient encore mieux préparés à faire face à la saison sèche en 2019 et plus tard. Un premier rapport a été publié en avril 2019, le rapport final est attendu pour décembre 2019.

Sur le Rhin et ses affluents, des **usines** (centrales hydroélectriques et thermiques) ont dû freiner leur puissance et réduire la production d'électricité en raison des faibles débits et des températures trop élevées de l'eau (> 25 °C) (voir figure 8), pour ne pas devoir effectuer des rejets de chaleur supplémentaires nécessaires mais qui auraient enfreint la réglementation. Ont ainsi été touchées les centrales nucléaires de Betzenau et Mühleberg (toutes deux sur l'Aar en Suisse), de Fessenheim (F) et de Phillipsburg (D). Des restrictions ont également été appliquées aux centrales au charbon de Bergkamen, Walsum, Mannheim et à la centrale thermique à la vapeur du port rhénan à Karlsruhe. En raison des faibles débits, les centrales hydroélectriques ont également réduit nettement leur production en Suisse au cours du second semestre 2018. Les exploitants des usines hydroélectriques ont réduit volontairement leur production électrique sur le Main navigable en raison des températures élevées de l'eau. Sur le Neckar navigable, il a fallu freiner le prélèvement d'eau de refroidissement de certaines usines.

Ces faibles débits se sont traduits sur tout le Rhin navigable par des niveaux d'eau extrêmement faibles qui ont fortement entravé la **navigation**. Les faibles tirants d'eau fonctionnels ont amené d'une part les bateliers (de fret) à réduire leur chargement (sur le Rhin moyen en octobre par ex. avec uniquement 20 % de charge possible) et ont fait augmenter d'autre part le trafic fluvial de bateaux partiellement chargés ou plus petits ou à fond plus plat. Le trafic s'est parfois reporté sur d'autres modes de transport. D'après la Commission centrale pour la navigation du Rhin (CCNR), la baisse des taux de cargaison maximaux sur tous les types de bateaux a réduit le transport global de marchandises sur le Rhin et d'autres voies navigables (= effet de volume). Pour compenser cette perte de

capacité de charge, les entreprises de transport fluvial ont perçu des suppléments sur les tarifs de fret qui ont fait augmenter les prix du transport (= effet de prix). Les restrictions de déchargement sur le Rhin se sont également répercutées sur le volume de transport dans ses affluents régulés. En dehors des tronçons régulés, la navigation de passagers a, elle aussi, été touchée car les pontons d'embarcation ne pouvaient plus être mis en position. Certains tronçons, sur le Rhin moyen par ex., ont été retirés des circuits réguliers de navigation ou totalement mis hors service. Les bateaux de croisière et d'excursion ont dû temporairement organiser des transports en bus. Certaines liaisons de bac ont été stoppées car les zones plates hors chenal n'assuraient plus la profondeur requise et des embarcadères n'étaient plus accessibles. Les premières estimations réalisées pour cette branche laissent penser que les dommages monteront à environ 1 million d'euros rien que sur le tronçon du Rhin moyen (BfG, 2019). On a relevé des retards importants dans le transport fluvial de passagers. En revanche, les niveaux d'étiage records ont attiré de nombreux touristes (« **tourisme d'étiage** ») (BfG, 2019).

Les perturbations sur le Rhin en tant qu'axe de trafic important (mauvaises conditions de transport, entre autres de matières premières) ont eu des **répercussions économiques négatives**. Sur la base de calculs effectués par la CCNR pour la CIPR à l'aide d'indications du Kieler Institut für Weltwirtschaft (IfW) et de l'Office fédéral allemand des statistiques (Destatis), la perte de production industrielle allemande, entre autres dans le secteur sidérurgique et chimique, au 3^e trimestre 2018 imputable aux faibles niveaux d'eau, a été estimée par ex. à environ 2 milliards d'euros (CCNR (non publié/interne à la CIPR), IfW, Destatis, 2018). La baisse des capacités de transport a freiné la production des entreprises industrielles, comme celle de la BASF (Ludwigshafen), qui a chiffré ses pertes de rendement dues à l'étiage 2018 (restriction d'utilisation d'eaux de refroidissement et de transport de marchandises) à plus de 250 millions d'euros (BASF, 2018). À d'autres endroits, l'approvisionnement en carburant a été limité et des pénuries ont été ressenties dans des stations-service (hausse des prix du carburant d'environ 20 ct/l). En contrepartie, les étiages ont fait augmenter les bénéfices des raffineries en Allemagne. En octobre, la Suisse et l'Allemagne ont débloqué des réserves de pétrole pour pallier la pénurie de carburant. En outre, des réserves stratégiques d'azote pur ont été débloquentes temporairement pour la production d'engrais, de même que d'autres réserves telles que carburants et combustibles, huiles et graisses alimentaires, et enfin fourrages.

Enfin, il faut également mentionner d'éventuels **problèmes de sécurité**. La sécheresse a fait naître un grand risque d'incendie de forêts. Les niveaux d'eau étant faibles, il a fallu soit neutraliser, soit souvent faire exploser les nombreuses munitions et grenades/bombes ou obus mis à jour dans le Rhin. Aux Pays-Bas, les digues (de tourbe) ont fait l'objet d'une surveillance sévère pour pouvoir estimer en temps requis les risques de formation de fissures, etc.

Des **informations** plus détaillées **sur l'épisode d'étiage 2018** figurent en annexe II.

5 Perspectives : prévisions d'étiage pour l'année 2019

Pendant la phase aiguë de l'épisode d'étiage (nov. 2018), la BfG a établi une étude ad hoc eu égard à la navigation pour classifier l'événement et pour évaluer son éventuelle évolution à l'échelle de Kaub (Helms & Maurer 2019). En termes de débits de navigabilité, l'épisode 2018 a certes été extrême, mais n'a pas atteint l'ampleur d'épisodes historiques extrêmes du 19^e siècle jusqu'au milieu du 20^e siècle.

Pour mettre en relief les autres évolutions possibles de cet épisode (aggravation ou atténuation), une approche de modélisation a consisté à retirer la composante de débit de base de la courbe d'évolution de l'hydrogramme jusqu'à présent. Cette composante de débit représente les ressources en eau sur l'ensemble du bassin qui alimentent principalement les cours d'eau en période de sécheresse et qui s'amenuisent progressivement en l'absence de précipitations. L'épisode aurait pu atteindre rapidement un niveau comparable à celui d'extrêmes historiques si la sécheresse s'était poursuivie. Le débit minimum observé jusqu'à présent, de 300 m³/s à l'échelle de Kaub (mars 1858) aurait été atteint début février 2019 dans un tel scénario.

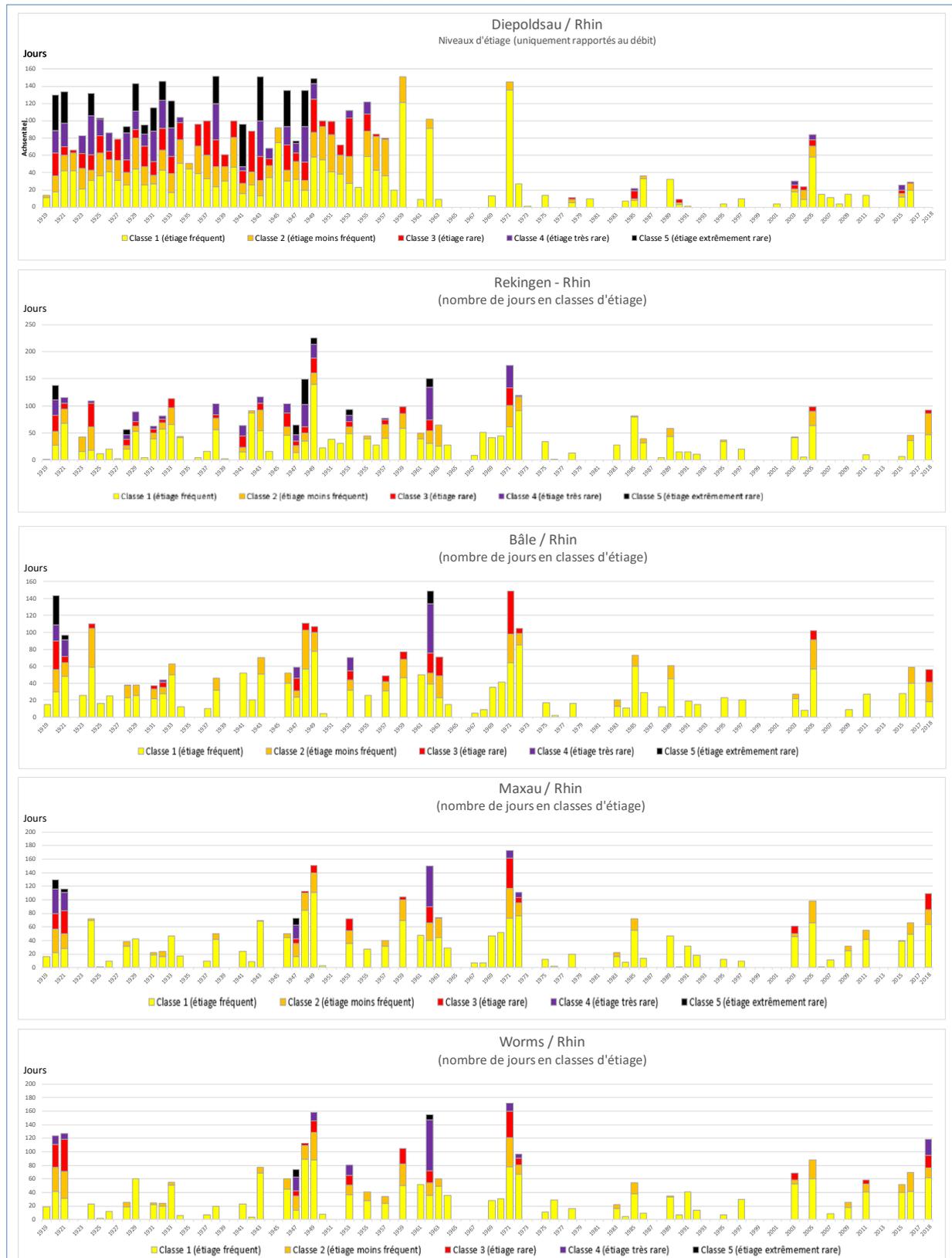
En combinaison avec l'évolution future de cette composante (épuisement d'un réservoir) et avec des débits liés aux précipitations possibles à l'avenir (avec des composantes de débit plus rapides), il a été possible d'estimer si et jusqu'à quand la recharge du réservoir pourrait déboucher sur un niveau de débit de base « normal ». Une recharge durable n'est généralement pas réalisable par les apports d'épisodes individuels, mais uniquement par une succession d'épisodes en hiver et au printemps.

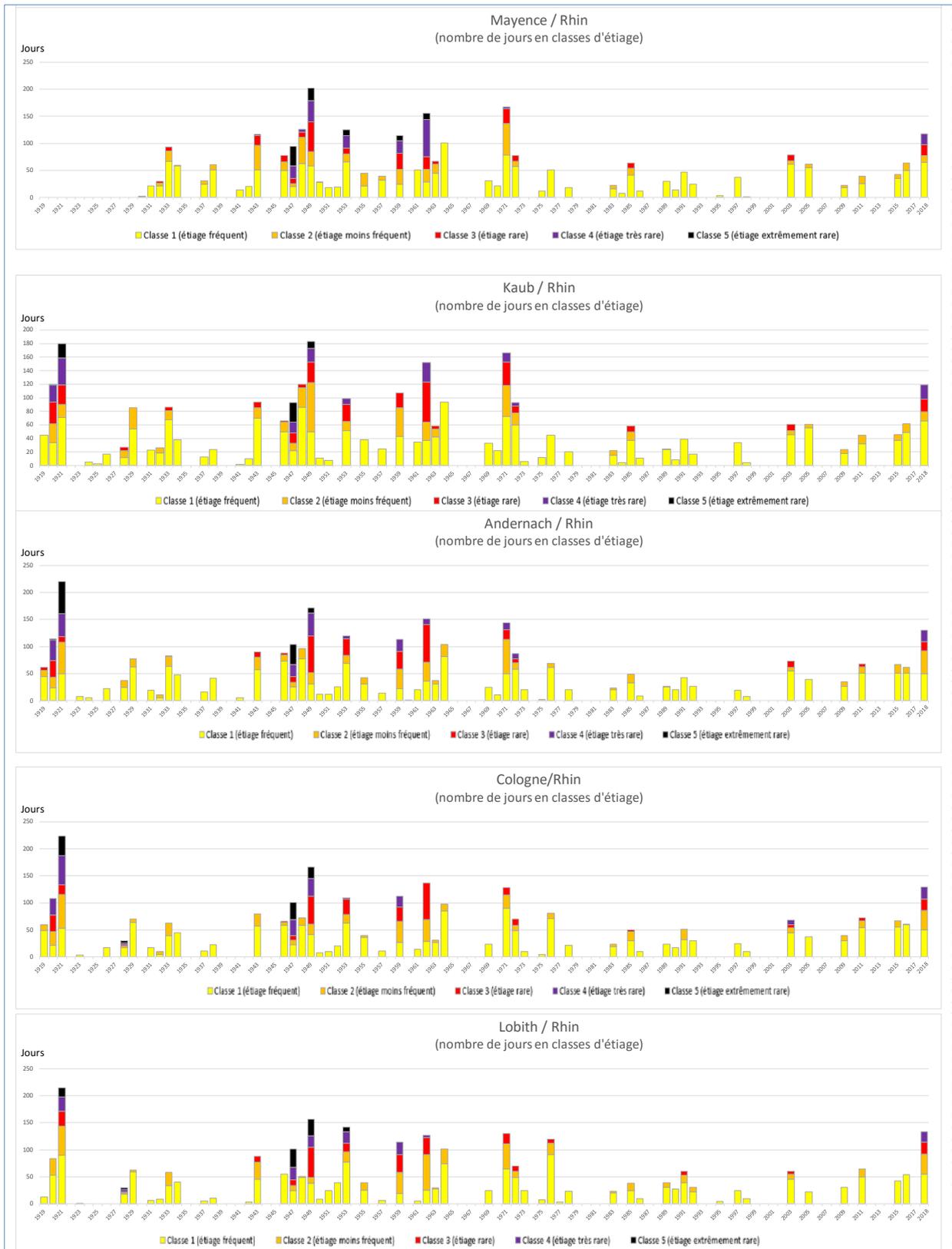
Fin juin 2019, les débits de base calculés à partir de débits (réellement) observés à l'échelle de Kaub ont atteint une valeur de 820 m³/s qui, rapportée à cette date, reste légèrement inférieure à la moyenne pluriannuelle (quantile 40). Ces épisodes ont certes permis de compenser en grande partie les pertes dues à l'étiage 2018, mais la situation au début de l'été 2019 est toutefois restée jusque-là plus défavorable que celle constatée à la même date en 2018 avec un niveau moyen de débit de base d'environ 880 m³/s. (Helms & Maurer - BfG, 2019)

Annexe I - Monitoring rétrospectif, y compris 2018

Explications des classes d'intensité :

Couleur	Classe	Intensité	Désignation
vert	0	\geq NM7Q(T2)	normal = pas d'étiage
jaune	1	< NM7Q (T2)	étiage fréquent
orange	2	< NM7Q (T5)	étiage moins fréquent
rouge	3	< NM7Q (T10)	étiage rare
violet	4	< NM7Q (T20)	étiage très rare
noir	5	< NM7Q (T50)	étiage extrêmement rare





Annexe II - autres informations sur l'épisode d'étiage 2018

CIPR :

- Question des étiages : <https://www.iksr.org/fr/themes/etiage/>
- CIPR 2018 ; Inventaire des conditions et des situations d'étiage sur le Rhin (mise à jour : 4.5.2018), rapport n° 248 (<https://www.iksr.org/fr/relations-publiques/documentsarchive/rapports/rapports-et-brochures-presentation-individuelle/news/detail/News/248-inventaire-des-conditions-et-des-situations-detiage-sur-le-rhin-1/>)
- CIPR 2019 : Surveillance des étiages du Rhin et de son bassin par la CIPR : [Rapport explicatif n° 261](#) et liens vers le système de monitoring des étiages : <https://www.iksr.org/fr/themes/etiage/monitoring-des-etiages/> et lien direct vers le site UNDINE. http://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_nw_mon_fr.html
- Photos de l'épisode d'étiage 2018 : <https://www.iksr.org/fr/presse/photos/etiage/>

CH :

- Information de la délégation suisse au sein du GE LW (CIPR, document interne)
- OFEV 2019A : Annuaire hydrologique de la Suisse 2018. Débit, niveau et qualité des eaux suisses. État de l'environnement n° 1907. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/publications/publications-eaux/annuaire-hydrologique-2018.html>
- OFEV 2019B : la canicule et la sécheresse de l'été 2018. Impacts sur l'homme et l'environnement. État de l'environnement n° 1909. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/publications-etudes/publications/canicule-et-secheresse.html>
- EBP Schweiz 2019 (Rapport mandaté par l'OFEV) : Trockenheit im Sommer und Herbst 2018. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/Trockenheit_im_Sommer_und_Herbst_2018.pdf.download.pdf/Trockenheit_im_Sommer_und_Herbst_2018.pdf
- MétéoSuisse 2018A : Chaleur et sécheresse au semestre d'été 2018 - aperçu climatologique. Rapport n° 272 de MétéoSuisse. <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/recherche.subpage.html/fr/data/blogs/2018/11/chaleuretsecheresseausemestredete2018>
- MétéoSuisse 2018B : bulletin climatologique d'octobre 2018 https://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/service-und-publikationen/publikationen/doc/2018_ANN_f.pdf
- MétéoSuisse 2018C : bulletin climatologique de novembre 2018 (https://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/service-und-publikationen/publikationen/doc/2018_SON_f.pdf)
- OFEV, 06.08.2018 : Été 2018 : sécheresse en Suisse. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/dossiers/trockenheit-in-der-schweiz-juli-2018.html>
- OFEV, 14.08.2018 : Été 2018 : situation d'étiage et températures de l'eau élevées <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/dossiers/niedrigwasser-sommer-2018.html>
- OFEV, 21.09.2018 : La situation d'étiage en Suisse perdure <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/dossiers/niedrigwasserlage-schweiz-haelt-an-2018.html>
- OFEV, 30.10.2018 : Situation d'étiage persistante en octobre <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/dossiers/anhaltende-niedrigwasserlage-im-oktober-2018.html>

- OFEV, 05.12.2018 : Fin de la situation d'étiage ? Rétrospective et perspectives <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/dossiers/ende-des-niedrigwassers-rueckschau-und-ausblick.html>

AT :

- Information de la délégation autrichienne au sein du GE LW (CIPR, document interne)
- Page d'accueil du service hydrographique du Vorarlberg avec données sur les précipitations, les eaux souterraines et les débits : <https://vowis.vorarlberg.at/stationswrapper>
- Hydrogramme du lac de Constance 2018 : <https://vowis.vorarlberg.at/images/see/archiv/SeeWasserstand/2018%20See%20Jahresganglinie.pdf>

FL : Information de la délégation du Liechtenstein en GE LW (CIPR, document interne)

DE :

- Informations de la délégation allemande en GE LW et du président du GE LW (CIPR, document interne)
- DWD : Informations du service météorologique allemand (Deutscher Wetterdienst): https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/download_tabelle.html?nn=480164
- BfG : Informations et rapports de l'institut fédéral d'hydrologie allemand (Bundesanstalt für Gewässerkunde): https://www.bafg.de/DE/07_Nachrichten/20180629_nw.html?nn=169988
- BfG 2019: Das Niedrigwasser 2018. http://doi.bafg.de/BfG/2019/Niedrigwasser_2018.pdf
- BfG (Helms, M. und Maurer, T.) : Ad-hoc Untersuchung der möglichen weiteren Entwicklung der Niedrigwassersituation am Rhein ab November 2018 auf Basis von Szenarien unter Verwendung ausgewählter historischer Abflussperioden (version du 19.02.2019 complétée et avec données sur les précipitations de bassin). Rapport interne non publié de la BfG, Coblenz.
- KLIWA 2019: Das Jahr 2018 im Zeichen des Klimawandels? Viel Wärme, wenig Wasser in Süddeutschland. <https://www.kliwa.de/download/Rueckblick2018.pdf>
- Rapports des Länder fédéraux sur « la sécheresse de 2018 » (quelques rapports ne sont pas encore disponibles) :
 - HE : HLNUG 2019 (Löns-hanna, C., Kremer, M., Rittershofer, B.): Niedrigwasser und Trockenheit 2018. https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/sonstige_berichte/Niedrigwasserbericht_2018.pdf
 - RLP : LFU RP 2019. Der Sommer 2018 in Rheinland-Pfalz: Ein Wasserwirtschaftlicher Bericht. https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Startseitenbeitraege/Wasserwirtschaftlicher_Bericht/Der_Sommer_2018_in_RLP_web.pdf
 - BW : LUBW 2019: Zu warm, zu heiß, zu trocken? Eine klimatische Einordnung des Jahres 2018 für Baden-Württemberg. https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/190312_Klimabericht_BW_2018.pdf
 - BY : *Rapport en cours d'élaboration*. Autres informations : Niedrigwasser- Informationsdienst Bayern und Alarmplan Main (<https://www.nid.bayern.de/>) et Niedrigwasser-Lagebericht Bayern: <https://www.nid.bayern.de/lage/archiv/133>
- Destatis (Statistischen Bundesamtes) 2019: Niedrigwasser beschert Binnenschifffahrt Rekordminus - Pressemitteilung Nr. 112 vom 25. März 2019. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/03/PD19_112_463.html

- IfW (Kieler Institut für Weltwirtschaft) 2018 : Kieler Konjunkturberichte - Deutsche Konjunktur im Winter 2018, Dezember 2018. https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/-ifw/Konjunktur/Prognosetexte/deutsch/2018/KKB_50_2018-Q4_Deutschland_DE.pdf

FR : Information de la délégation française au sein du GE LW (CIPR, document interne)

NL :

- Information de la délégation néerlandaise au sein du GE LW (CIPR, document interne)
- RWS 2018: Droogtemonitoren (Startbericht, 10 april 2018); <https://waterberichtgeving.rws.nl/LCW/droogtedossier/droogtemonitoren-2018>
- INFRAM 2019: Rapport eerste fase Beleidstafel Droogte; <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/04/04/rapport-eerste-fase-beleidstafel-droogte>

CCNR : Information/contribution de la CCNR (observatrice au sein du GE LW) : „Niedrigwasserstände auf dem Rhein im Jahr 2018 und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt und den Industriesektor in Deutschland“ (CIPR, document interne)

BASF: BASF 2019: BASF-Bericht 2018 Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Leistung. https://www.basf.com/global/documents/de/news-and-media/publications/reports/2019/BASF_Bericht_2018.pdf