



Rapport sur l'épisode d'étiage et de sécheresse de 2022

Commission Internationale pour la Protection du Rhin

Rapport n° 299

Clause de non-responsabilité sur l'accessibilité aux documents

La CIPR s'efforce de faciliter l'accès à ses documents dans la plus grande mesure possible. Par souci d'efficacité, il n'est pas toujours possible de rendre tous les documents totalement accessibles dans les différentes langues (par ex. avec des passages explicatifs pour tous les graphiques ou dans un langage aisément compréhensible). Le présent rapport contient éventuellement des figures et des tableaux. Pour plus d'explications, veuillez contacter le secrétariat de la CIPR au 0049261-94252-0 ou à l'adresse courriel sekretariat@iksr.de.

Mentions légales

Editeur :

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenze
Postfach : 20 02 53, D 56002 Coblenze
Téléphone : +49-(0)261-94252-0
Télécopie : +49-(0)261-94252-52
Courrier électronique : sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

SOMMAIRE :

Résumé

- 1 Évolution des conditions météorologiques
- 2 Évolution des conditions hydrologiques
- 3 Impacts sur la qualité de l'eau et l'écologie
- 4 Vulnérabilités particulières (restrictions d'utilisation, dommages, incidents) et mesures prises
- 5 Perspectives

Annexe I - Monitoring rétrospectif, y compris 2022

Annexe II : Bibliographie/références

Liste des abréviations

AH	Année hydrologique
ASG II	Projet de la CHR « Part du débit issue de la fonte des neiges et des glaciers »
BfG	Office fédéral de l'hydrologie (Allemagne)
CCNR	Commission Centrale pour la Navigation du Rhin
CHR	Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin
CIPMS	Commissions Internationales pour la Protection de la Moselle et de la Sarre
CIS	Common Implementation Strategy (pour les directives de l'UE)
CN	Centrale nucléaire
DWD	Service météorologique allemand
EDO	European drought observatory (Observatoire européen de la sécheresse du Centre commun de recherche (JRC))
GE LW	Groupe d'experts « Étiages » de la CIPR
GT H	Groupe de travail CIPR « Inondations et étiages »
HAP	Hydrocarbures polycycliques aromatiques
IGKB	Commission internationale pour la protection du lac de Constance
INGO	Surveillance des eaux intensifiée
JRC	Centre commun de recherche (Joint Research Center) de l'UE
maxD	Nombre maximal de jours consécutifs pendant lesquels la valeur seuil MNM7Q n'est pas atteinte
MNM7Q	Moyenne pluriannuelle de NM7Q
MNQ	Débit moyen d'étiage
MNW	Niveau d'eau au-dessous du paramètre d'étiage
MQ	Débit moyen de l'année hydrologique
NIWIS	Système d'information sur les étiages (Allemagne)
NIZ	Centre d'information sur les étiages (Allemagne)
NM7Q	Débit moyen de 7 jours consécutifs le plus bas sur une année de référence
NQ	Débit moyen le plus bas de plages de temps identiques sur la période considérée.
OFEV	Office fédéral de l'environnement (Suisse) :
Q	Débit
SES	Projet « scénarios socio-économiques » de la CHR
SoMQ	Débit moyen saisonnier de l'été hydrologique
SWI	Indice d'humidité des sols (Soil Water Index)
WiMQ	Débit moyen saisonnier de l'hiver hydrologique
WSA	Office des eaux et de la navigation (Allemagne)
WSV	Administration des voies navigables et de la navigation (Allemagne)

Rapport sur l'épisode d'étiage et de sécheresse de 2022

Synthèse

Quatre ans seulement après l'épisode d'étiage extrême de 2018, un nouvel épisode d'étiage marqué a eu lieu en 2022. Il est en grande partie dû à de faibles précipitations au printemps et en été associées à des températures de l'air au-dessus de la moyenne. De plus, l'hiver 2021/2022 précédent avait déjà été doux et pauvre en précipitations.

Ceci a conduit de mars (avec une interruption en avril) à août 2022 à des débits faibles, voire très faibles dans presque tout le bassin du Rhin. Pendant cette période, des épisodes de précipitations localisées ont permis d'atténuer la situation sur une courte durée seulement. À cela s'opposaient les cours d'eau alimentés en eau en provenance de la fonte des glaciers et des neiges dans les bassins fluviaux suisses juste en-dessous des glaciers. Ceux-ci ont enregistré à de nombreux endroits de fortes crues pendant l'été en raison de la fonte extrême des glaciers. Ce phénomène n'était toutefois que très localisé et n'a pas pu compenser le déficit de précipitations plus en aval.

Le long du Rhin, l'épisode d'étiage a été le plus marqué au mois d'août. Il a gagné en intensité en avançant vers le nord. Pour les débits d'étiage, des temps de retour NM7Q de 2 à 5 ans ont été enregistrés, et ils ont augmenté successivement vers l'aval pour atteindre des enregistrements extrêmement rares de l'ordre de 50 à 100 ans (échelle de Lobith). La différence nord-sud a été moins marquée en ce qui concerne la durée et a oscillé entre un niveau « moins fréquent » (p. ex. échelle de Bâle, temps de retour 2-5 ans) et « très rare » (p. ex. Cologne, 20-50 ans). La situation s'est détendue à l'automne grâce à des précipitations abondantes.

En lien avec les étiages qu'ont connus les eaux de surface à l'été 2022, une sécheresse importante s'est produite à grande échelle, et elle a également affecté le régime hydrologique des milieux, dans le bassin du Rhin. La disponibilité restreinte de la ressource en eau a eu de nombreuses répercussions négatives. Ainsi, les cours amont de certaines eaux de surface sont en partie tombés à sec. On a signalé ici et là des ruisseaux totalement à sec et une mortalité massive de poissons à l'échelon local. Dans le lac de Constance, les niveaux d'eau inhabituellement bas ont fait baisser le niveau d'eau des zones peu profondes qui se parfois retrouvées complètement à sec. Un ralentissement des activités économiques a aussi été constaté parallèlement aux dommages occasionnés à l'écologie.

Une année plus tard, en 2023, une autre période similaire d'étiage et de sécheresse, toutefois moins marquée, s'est fait ressentir dans le bassin du Rhin.

1 Évolution des conditions météorologiques

Après un premier semestre sec et ensoleillé (ainsi, selon les évaluations du service météorologique allemand DWD (2023)¹, 2022 a été l'année la plus ensoleillée en Allemagne depuis le début des enregistrements réguliers en 1951), l'année 2022 a connu une période d'étiages estivaux marqués dans le bassin du Rhin.

Outre l'influence du débit de base fortement dominé par les eaux souterraines, différents facteurs hydrométéorologiques sont déterminants dans la formation d'étiages. Parmi eux, il y a les précipitations et la température, qui influence l'évapotranspiration. La figure 1 présente les fluctuations saisonnières des précipitations et de la température du bassin du Rhin, réparties en trois grands sous-bassins. On observe ici non seulement l'année d'étiage 2022, qui se réfère à la période de début avril 2022 à fin mars 2023, mais aussi le semestre d'hiver qui a précédé. Ce cadre d'étude élargi est dû au fait que les étiages n'apparaissent généralement pas soudainement, mais sont le résultat d'une évolution progressive², où les mois précédents jouent un rôle important.

Les sommes des précipitations surfaciques cumulées montrent (avec de rares exceptions dans le delta du Rhin) un déficit de précipitations pour l'ensemble de la période prolongée d'étude, c'est-à-dire que les précipitations étaient dès l'automne 2021 en-dessous de la moyenne et le sont restées au total toute l'année 2022. Ce déficit a été plus marqué dans la partie méridionale du bassin que dans la septentrionale et s'est traduit par des anomalies de précipitations majoritairement négatives au cours des différents mois. Ainsi, les sommes de précipitations mensuelles ont rarement atteint les niveaux des moyennes mensuelles pluriannuelles de la période de référence 1981-2010. Ceci était particulièrement visible en zone alpine et préalpine du bassin du Rhin jusqu'à Bâle. À la fin de l'année hydrologique 2022, un déficit de précipitations cumulé surfacique de 442 mm a été enregistré dans ces régions, ce qui ne représente que 77 % de la valeur attendue en moyenne. Ce déficit a diminué peu à peu vers le nord ; la somme de précipitations annuelles correspondait ainsi dans la région du delta du Rhin à 86 % de la moyenne pluriannuelle.

La température de l'air à proximité du sol moyenne surfacique a montré des anomalies majoritairement positives, les moyennes mensuelles étaient donc en grande partie plus chaudes que la moyenne. Ceci a entre autres empêché la formation de grandes réserves de neige dans le bassin rhénan au cours de l'hiver doux de 2021/22. Cette remarque est particulièrement valable pour les Alpes normalement très enneigées. La fonte extrême des glaciers observées à l'été 2022 a eu des répercussions sur les petits cours d'eau, mais n'a toutefois pas pu compenser les vastes déficits de précipitations et de neige³.

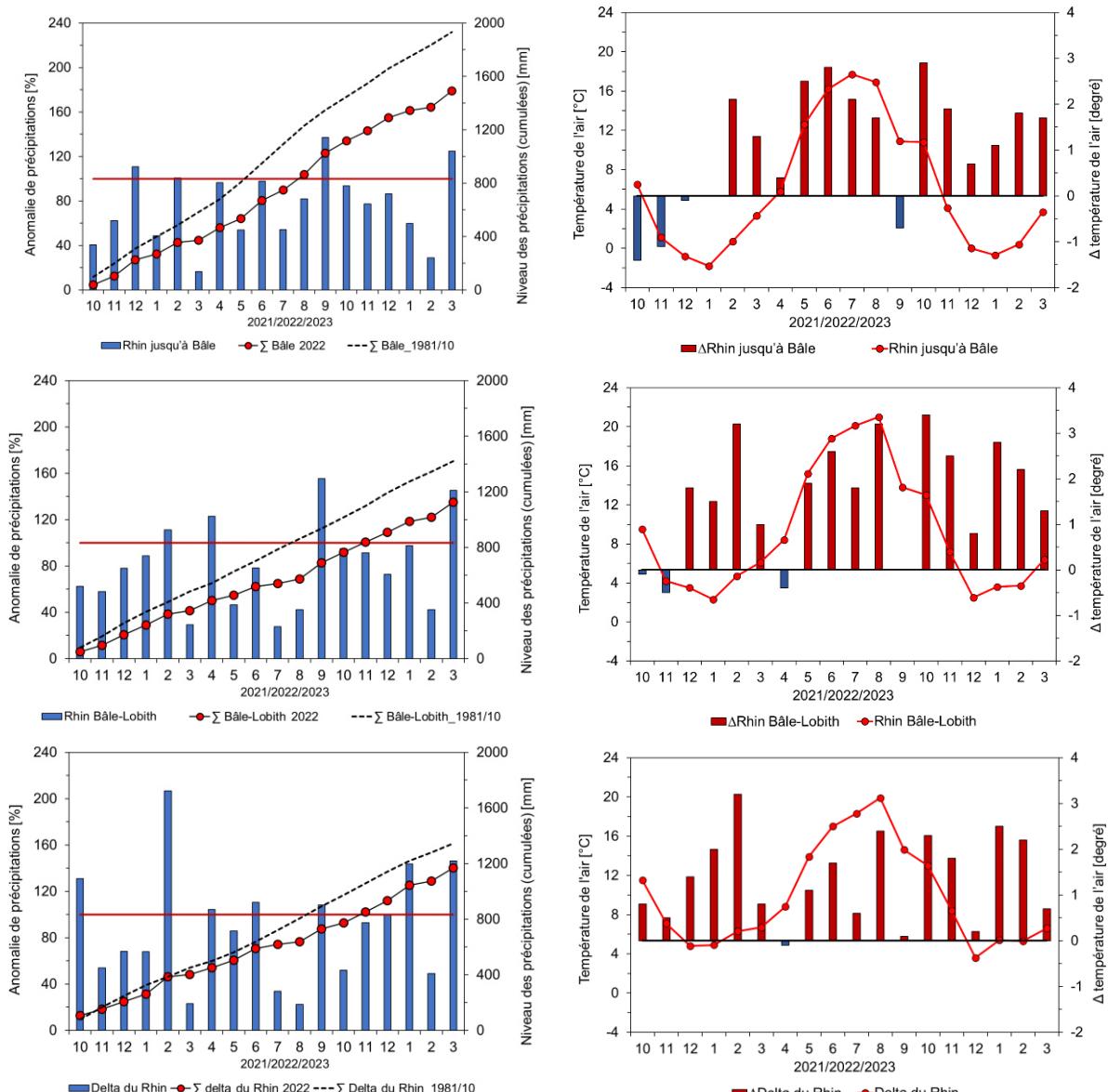
La conjonction au même endroit et au même moment de précipitations en-dessous de la moyenne et de températures en-dessus de la moyenne (ainsi qu'une évaporation plus élevée en découlant) a engendré des conditions majoritairement très sèches. Les cartes mensuelles des anomalies de l'indice SWI⁴ de l'humidité des sols en Europe centrale (cf. figure 2) pour les couches du sol 0 à 100 cm le montrent : après un mois de février riche en précipitations dans de grandes parties du bassin, l'humidité des sols du bassin rhénan était majoritairement à un niveau supérieur à la moyenne. Au cours du mois très sec de mars (mois de mars le plus ensoleillé depuis 1890), cette situation s'est inversée. Au cours du printemps et de l'été, les cartes ont majoritairement montré des écarts négatifs des valeurs de l'indice SWI, qui ont culminé au mois très sec et très chaud d'août. Il a fallu attendre le mois de septembre avec des précipitations supérieures à la moyenne dans de vastes régions (en particulier au sud du bassin rhénan) pour mettre fin provisoirement à la sécheresse.

¹ DWD / Deutscher Wetterdienst (2023) : Die Sonne machte 2022 Überstunden (*En 2022, le soleil a fait des heures supplémentaires*) – Endbilanz. https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2023/1/14.html, consulté le 24.7.2024)

² Exception : l'apparition d'un épisode marqué de gel

³ OFEV / Office fédéral de l'environnement CH (2023) Annuaire hydrologique de la Suisse 2022. Berne.

⁴ Indice d'humidité des sols (Soil Water Index)

**Figure 1 :**

Côté gauche : Niveau des précipitations surfaciques moyennes pour le sous-bassin rhénan jusqu'à l'échelle de Bâle (en haut), pour le sous-bassin entre Bâle et Lobith (au milieu) et pour le sous-bassin en aval de Lobith (en bas) pour l'année hydrologique élargie de 2022 (oct. 2021 à mars 2023) en tant qu'écart mensuels relatifs des moyennes mensuelles pluriannuelles de 1981 à 2010. Les sommes mensuelles et les sommes moyennes pluriannuelles des périodes susmentionnées sont également indiquées.

Côté droit : Niveau de la température de l'air à proximité du sol pour le sous-bassin rhénan jusqu'à l'échelle de Bâle (en haut), pour le sous-bassin entre Bâle et Lobith (au milieu) et pour le sous-bassin en aval de Lobith (en bas) pour l'année hydrologique élargie de 2022 (oct. 2021 à mars 2023) en tant que moyennes mensuelles et écarts mensuels (Δ) des moyennes mensuelles pluriannuelles de 1981 à 2010.

(Source des données des stations : services météorologiques des États riverains du Rhin ; évaluation des données : BfG, division M2)

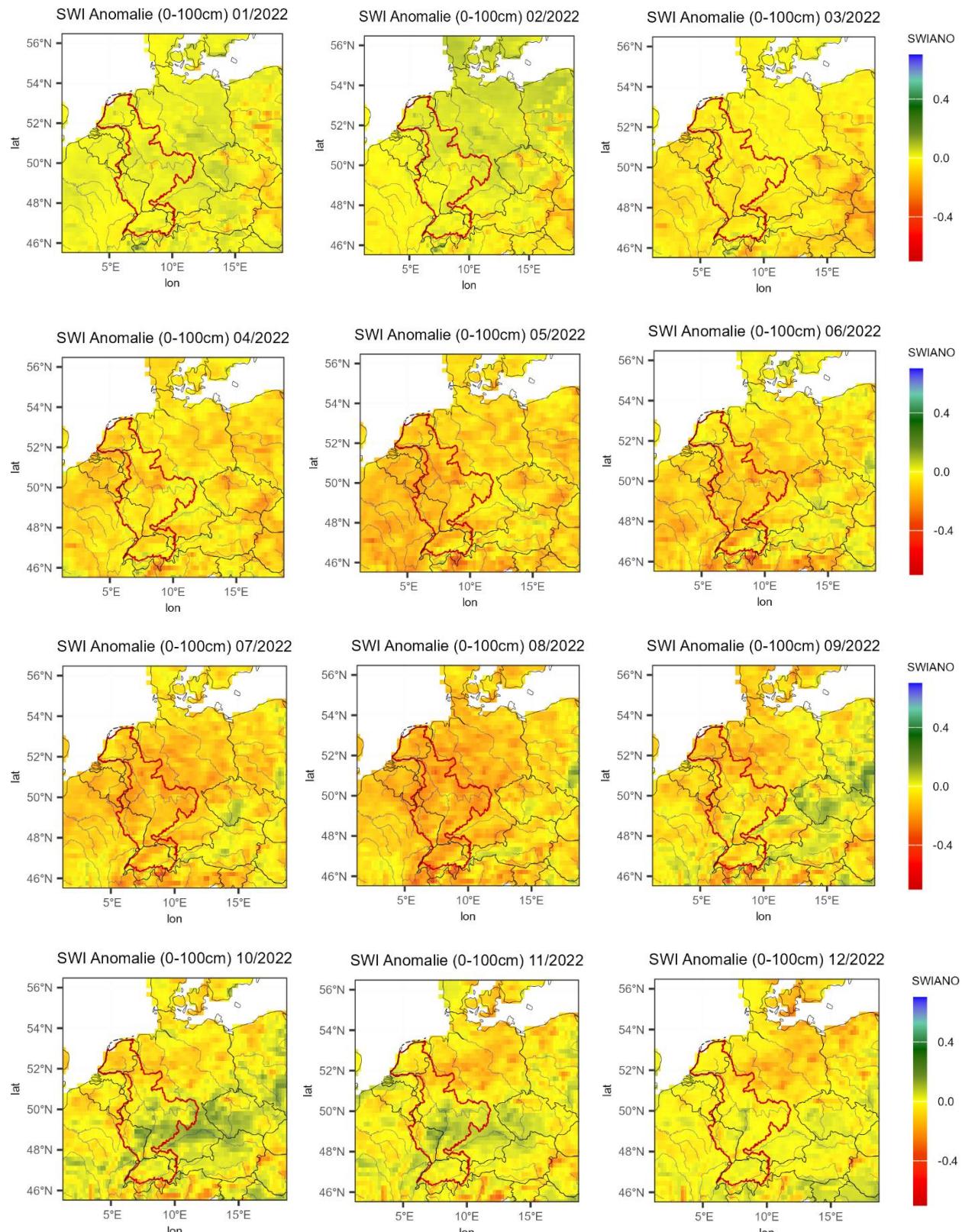


Figure 2: Répartition spatiale des anomalies mensuelles de l'indice d'humidité des sols en Europe centrale pour la couche du sol 0 à 100 cm en 2022 ; le bassin rhénan est délimité par une ligne rouge. La différence entre les moyennes mensuelles de l'indice d'humidité des sols (SWI) et les moyennes mensuelles pluriannuelles de la chronique 2012-2024 est présentée ici. Une valeur négative correspond à un sol plus sec que la moyenne et une valeur positive à un sol plus humide que la moyenne.

(Sources des données : EUMETSAT HSAF produit H14 ; évaluation BfG, division M2)

Ainsi, la sécheresse a touché de grandes parties du bassin du Rhin en 2022, c'est-à-dire que le régime hydrologique des milieux a eu moins d'eau que nécessaire, et ceci sur une période prolongée. Comme la Figure 2 l'indique, cette situation s'est prolongée sur plus de six mois. Conformément à la classification du DWD (2024)⁵, il ne s'agit donc plus d'un épisode de moyenne gravité (comme p. ex. une sécheresse météorologique ou agricole), mais d'un cas extrême de sécheresse dite hydrologique. Celle-ci se définit par une durée d'au moins quatre mois et de répercussions (négatives) sur les niveaux des eaux de surface et eaux souterraines.

2 Évolution des conditions hydrologiques

2.1 Eaux souterraines

Les conditions phréatiques en 2022 ont également été influencées par le manque d'eau. Alors que le niveau des nappes phréatiques était encore en partie en-dessus de la moyenne depuis septembre 2021 et jusqu'en hiver, p. ex. dans la partie centrale du Rhin supérieur, il a de nouveau baissé dès mars 2022 après un hiver plutôt sec. Cette tendance à la baisse s'est poursuivie les mois suivants, ce qui a conduit dès la fin de l'été à des niveaux des eaux souterraines historiquement bas. Le mois de septembre pluvieux a permis des hausses précoces qui se sont poursuivies jusqu'à la fin de l'année. Fin décembre 2022, les conditions phréatiques étaient, dans la plupart des cas, de nouveau légèrement supérieures à la moyenne ou, pour certaines, à la limite inférieure de l'état normal.

2.2 Eaux de surface

Conformément aux conditions hydrométéorologiques, l'année hydrologique 2022 s'est avérée être une année d'étiage à grande échelle sur le Rhin. Les débits sur les échelles rhénanes ont atteint sur toute l'année un niveau correspondant à un peu moins des trois quarts de la moyenne pluriannuelle (cf. tableau 1). Si l'on différencie les résultats par saison, le débit d'hiver était déjà 17 à 21 % en-dessous des valeurs normales pluriannuelles. Le débit d'été s'est avéré particulièrement faible, en n'atteignant même pas un niveau correspondant aux deux tiers du débit moyen habituel à cette saison. Dans le cas du bassin du Rhin, 80 % des échelles avaient un niveau d'eau au cours du mois d'août en-dessous de l'indicateur d'étiage (MNW) dans le Land fédéral de Bade-Wurtemberg par exemple. Des épisodes de précipitations localisées n'ont permis d'atténuer la situation que brièvement.

Tableau 1: Valeurs moyennes annuelles et saisonnières de l'année hydrologique 2022 par rapport aux valeurs de référence pluriannuelles de la période 1961-2020 sur les échelles de Bâle, Maxau / Rhin supérieur, Kaub / Rhin moyen et Duisbourg-Ruhrort ainsi que Lobith / Rhin inférieur (base de données : WSV)

année hydrologique	MQ(1961/2020)		MQ(2022) Rapport avec MQ(1961/2020)		MQété(1961/2020)		MQété(2022) Rapport avec MQété(1961/2020)		MQhiver(1961/2020)		MQhiver(2022) Rapport avec MQhiver(1961/2020)	
	[m³/s]	[m³/s]	%	[m³/s]	[m³/s]	%	[m³/s]	[m³/s]	%	[m³/s]	[m³/s]	%
Bâle Rheinhalle	1060	765	72	1210	788	65	904	740	82			
Maxau	1260	883	70	1350	839	62	1170	928	79			
Kaub	1690	1230	73	1640	1050	64	1740	1420	82			
Duisburg-Ruhrort	2260	1660	73	1970	1230	62	2550	2120	83			
Lobith	2250	1650	73	1950	1210	62	2560	2100	82			

⁵ DWD / Deutscher Wetterdienst (2024) : Wetter- und Klimalexikon.
<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=8737B6C0A897AB76BD30AD31169C5DDA.live21073?lv2=100578&lv3=603288>, consulté le 27.7.2024.

Le tableau 2 établit un classement des déficits de débit de l'année 2022 par rapport à la moyenne pluriannuelle de la période 1961-2020. Les débits les plus faibles ont toujours été enregistrés au début de la deuxième moitié d'août.

Tableau 2: Débit moyen et valeurs d'étiage extrêmes du débit en 2022 par rapport aux valeurs de référence pluriannuelles de la période 1961-2020 sur les échelles du Rhin supérieur de Bâle et de Maxau, sur celles de Kaub / Rhin moyen et de Duisbourg-Ruhrort ainsi que de Lobith / Rhin inférieur (base de données : WSV)

MQ: hydrol. Jahre NQ: WHJ	MQ(1961/2020) [m³/s]	MQ(2022) [m³/s]	MNQ(1961/2020) [m³/s]	NQ(2022)		NM7Q(2022)	
				[m³/s]	Datum	[m³/s]	Datum
Basel-Rheinhalle	1060	765	511	461	15.08.2022	470	17.08.2022
Maxau	1260	883	623	434	15.08.2022	456	17.08.2022
Kaub	1690	1230	818	571	15.08.2022	583	19.08.2022
Duisburg-Ruhrort	2260	1660	1059	669	17.08.2022	682	20.08.2022
Lobith	2250	1650	1053	680	18.08.2022	690	21.08.2022

Dans ce contexte, la figure 3 présente l'évolution du débit sur des échelles rhénanes représentatives depuis le 01.01.2022 jusqu'à la fin de l'année hydrologique (AH) 2022 le 31.03.2023. Cette figure ainsi que la figure 1 (déficit de précipitations) et la figure 2 (déficit d'humidité des sols) montrent clairement que les facteurs induisant l'épisode d'étiage se sont développés dès mars. Une interruption de cet épisode d'étiage au cours de la première moitié d'avril est bien visible avec des débits par moment plus élevés que d'habitude, ce qui est moins dû aux précipitations qu'à la fonte des neiges, laquelle n'a toutefois pas pu soutenir durablement les débits dans les mois consécutifs. Des pertes par évaporation dues à des températures en hausse, qui étaient clairement plus élevées que les moyennes pluriannuelles de mai à août, et à des précipitations en-dessous de la moyenne sur la même période ont conduit à des baisses supplémentaires du débit jusqu'à atteindre les valeurs minimales annuelles susmentionnées. Ceci est valable pour le Rhin dans son ensemble. Même les échelles hydrométriques de Diepoldsau (Rhin alpin) et Rekingen (haut Rhin), dont le régime hydrologique est normalement caractérisé par des étiages en hiver et des hauts niveaux d'eau/débits dus à la fonte des neiges en été, ont suivi cette tendance.

Avec la reprise des précipitations au cours de la deuxième moitié du mois d'août, les débits ont récupéré progressivement pendant une période de transition à la fin de l'été, mais ce n'est qu'à partir d'octobre que des niveaux d'eau et des débits au moins moyens ont été retrouvé partout et que l'épisode d'étiage 2022 a pu être considéré comme terminé.

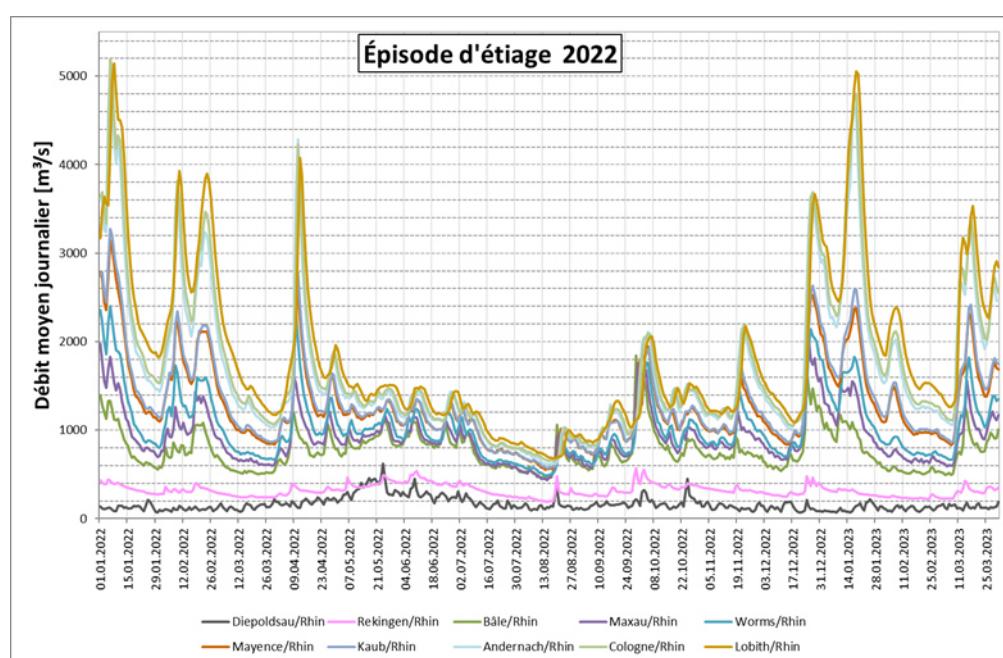


Figure 3 : Débits journaliers sur les échelles du Rhin représentatives entre le 01.01.2022 et le 31.03.2023

Le tableau 3 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 2022 à hauteur des différentes échelles du Rhin, conformément au monitoring CIPR des étiages.

Tableau 3: Paramètres et classification statistique de l'épisode d'étiage 2022.

$NM7Q$ = plus petit débit moyen de 7 jours consécutifs sur une année de référence

$MNM7Q$ = moyenne pluriannuelle de $NM7Q$

$maxD$ = nombre de jours consécutifs maximal pendant lesquels la valeur seuil $MNM7Q$ n'est pas atteinte

Les temps de retour (= récurrence) se réfèrent à la période de référence 1961 - 2010

	Débit d'étiage [m³/s]			Durée d'étiage maximale maxD [jours]		
	MNM7Q 1961-2010	NM7Q AH 2022	Période de référence	Débit journalier < MNM7Q 1961-2010	Débit journalier < MNM7Q AH 2022	Période de référence
Diepoldsau	92,2	80,3	2-5	8	18	20-50
Rekingen	238	197	2-5	24	24	2-5
Bâle	527	470	2-5	20	14	2-5
Maxau	645	456	10-20	18	37	10-20
Worms	720	500	10-20	17	50	20-50
Mayence	850	567	20-50	18	49	10-20
Kaub	851	583	10-20	18	50	10-20
Andernach	997	618	20-50	16	59	20-50
Cologne	1028	661	20-50	17	64	20-50
Lobith	1095	690	50-100	18	64	10-20

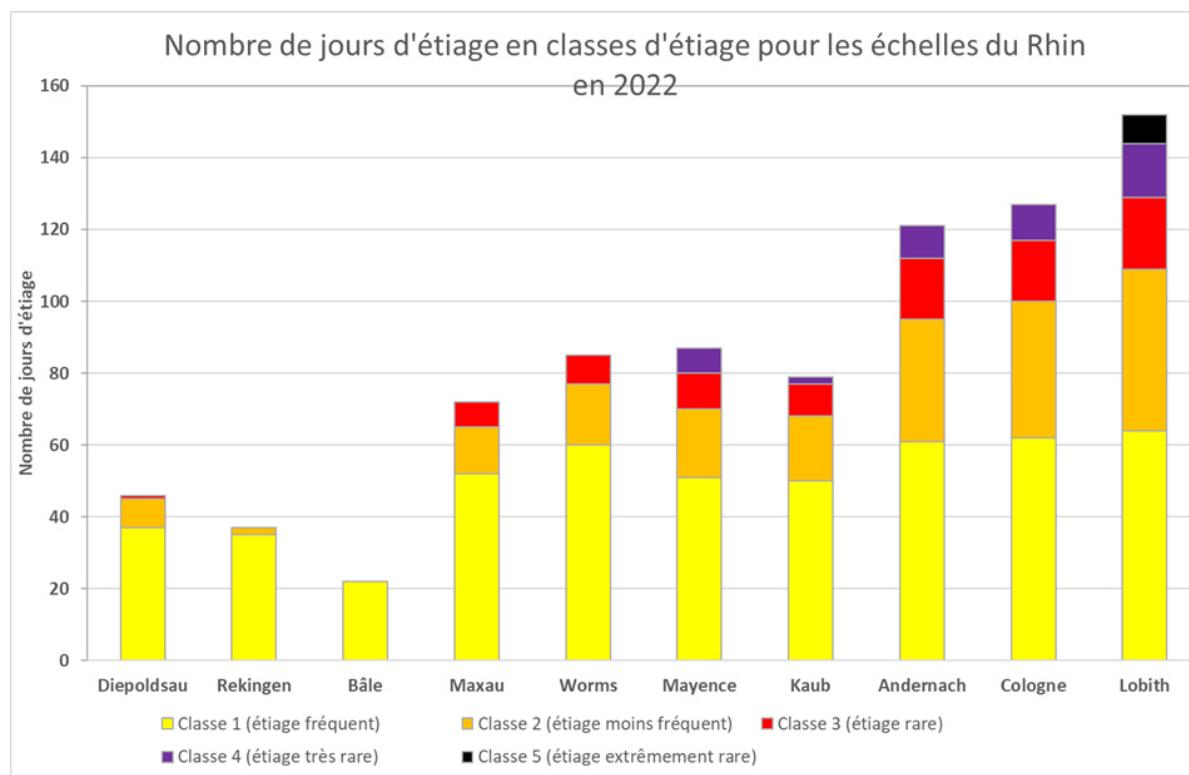


Figure 4 : Nombre de jours d'étiage sur les échelles représentatives du Rhin par classes d'intensité conformément au monitoring des étiages de la CIPR⁶

⁶ Classe 1 : étiage fréquent ($Q < NM7Q$ 2 ans)

Classe 2 : étiage moins fréquent ($Q < NM7Q$ 5 ans)

Classe 3 : étiage rare ($Q < NM7Q$ 10 ans)

Classe 4 : étiage très rare ($Q < NM7Q$ 20 ans)

Classe 5 : étiage extrêmement rare ($Q < NM7Q$ 50 ans)

Période de référence : 1961 à 2010

Les évaluations montrent un épisode d'étiage gagnant en intensité du sud vers le nord et atteignant son niveau le plus sévère à l'échelle de Lobith, là où s'ouvre le delta du Rhin. Au premier regard, ceci est en contradiction avec l'évolution des précipitations pendant la période d'observation de 2020, où les déficits de pluies s'atténuent du sud vers le nord. Les températures supérieures à la moyenne dans beaucoup de régions et sur une longue période (et croissantes vers le nord, cf. figure 1) ont provoqué une forte évaporation dans le cycle de l'eau, ce qui explique pourquoi cet étage est plus marqué dans le nord. À ceci s'ajoute la sécheresse hydrologique régionale prolongée (cf. figure 2) et un usage probablement renforcé des ressources en eau.

Une autre raison de la virulence moindre de cet étage dans le sud du bassin fluvial est la fonte renforcée des glaciers dues aux températures élevées dans les sous-bassins de haute montagne des Alpes. Elle est venue soutenir le débit du Rhin par l'eau issue de la fonte des neiges et des glaciers. De plus, les lacs subalpins, en premier lieu le lac de Constance, ont atténué l'étiage estival. Cet effet a diminué vers l'aval. Les relations sont clairement visibles dans l'évaluation NM7Q du tableau 3 et dans le classement des durées d'étiage dans la figure 4.

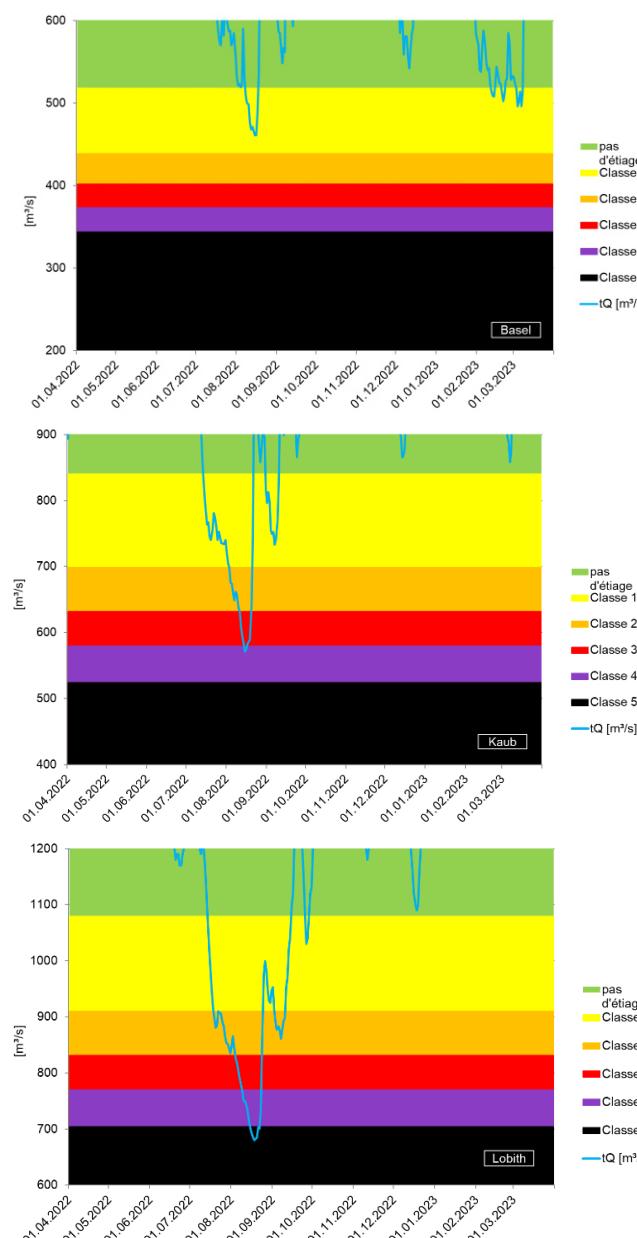


Figure 5 : Évolution des débits (moyennes journalières) sur les échelles rhénanes de Bâle, Kaub et Lobith au cours de l'année hydrologique 2022, selon le classement du monitoring de la CIPR

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



En période d'étiage, le flux de certains polluants se répartit sur une moindre quantité d'eau, ce qui se traduit par des **hausses de concentration**. Pour d'autres, en revanche, l'absence de ruissellement peut conduire à réduire les apports durant l'étiage et les différer à la prochaine remontée des eaux. La relation d'une substance donnée au débit dépend donc de ses voies d'apports, du type de rejet (continu, saisonnier, accidentel), de la persistance (durée de demi-vie) de la substance et de ses propriétés d'adsorption (Deltares 2023).

On a observé d'avril à octobre 2022 parallèlement aux faibles débits une hausse tendancielle des **concentrations de quelques substances principalement dissoutes dans l'eau**, comme par ex. le benzotriazole, l'iopamidol et la carbamazépine dans la station de Clèves-Bimmen. On constate à plusieurs reprises dans des stations d'analyse une corrélation (négative) très étroite entre les débits et les concentrations de ces substances. Les résultats à haute résolution dans le temps obtenus dans le cadre de la surveillance intensifiée des eaux (INGO) en Allemagne démontrent clairement, en particulier pour les chlorures, une nette corrélation négative étroite entre le débit et les concentrations de substances (cf. figure 6).

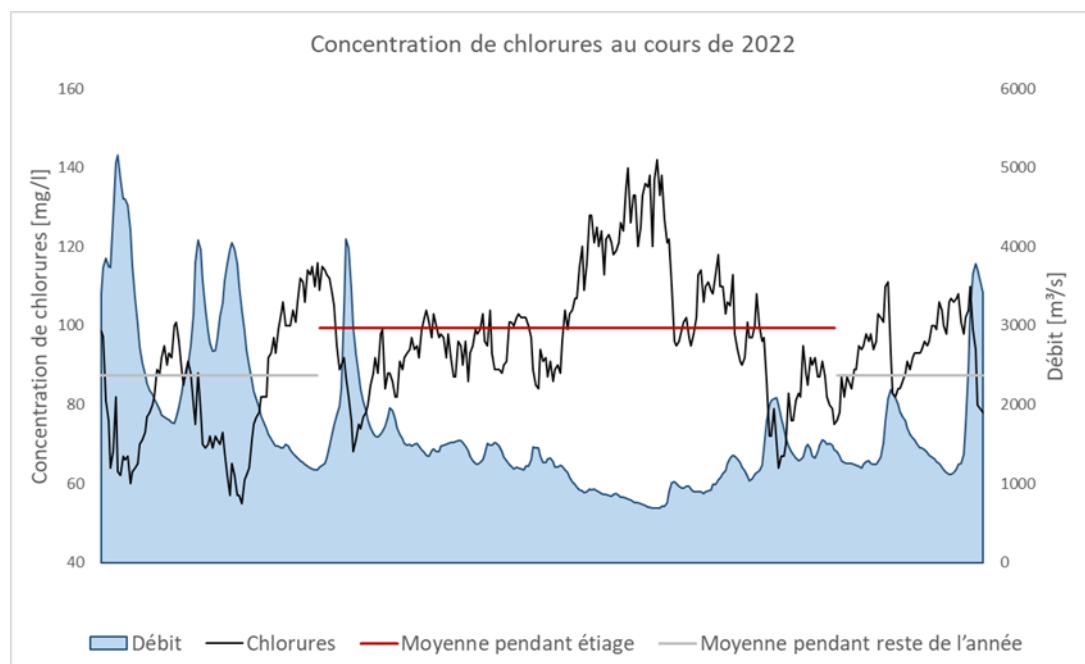


Figure 6 : Influence du débit sur la concentration de chlorures en 2022 dans la station d'analyse de Clèves-Bimmen

À l'opposé, on observe par ex. pour le zinc, une substance plutôt liée aux particules, une corrélation positive avec le débit, tout comme pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les substances filtrables (cf. figure 7).

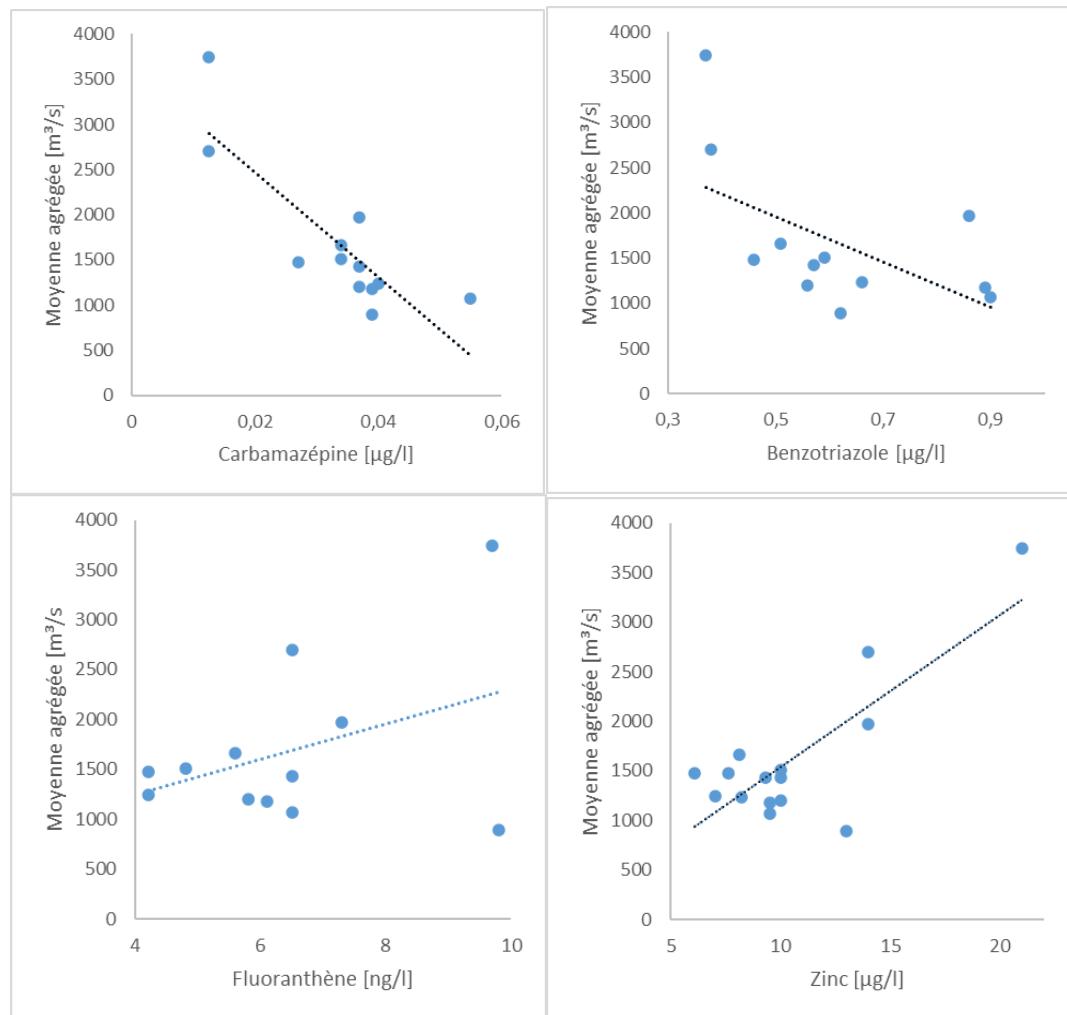


Figure 7 : Dépendance de la concentration de substances au débit dans la station d'analyse de Clèves-Bimmen pour 4 substances sélectionnées

À l'opposé de 2018, la valeur d'orientation de 10,9 µg/l (échantillon filtré) fixée par la Rhénanie-du-Nord-Westphalie pour le zinc n'a pas été dépassée dans la station d'analyse de Clèves-Bimmen. Il n'a pas été observé non plus de dépassements de la norme de qualité environnementale allemande de 800 mg/kg dans les MES (fixée dans l'annexe 6 du règlement sur les eaux de surface) au niveau de la station d'analyse de Clèves-Bimmen car le transport de matières en suspension était très restreint.

Les concentrations d'éléments traces dans les eaux courantes ne sont pas uniquement impactées par le débit mais également par d'autres facteurs et plus particulièrement par le pourcentage d'eaux usées urbaines épurées. Les concentrations d'éléments traces augmentent ou baissent dans le milieu aquatique selon leur taux d'élimination dans la STEP et leurs concentrations déjà présentes dans le cours d'eau. En règle générale, on retient la règle suivante : plus le pourcentage d'eau usées urbaines épurées est élevé dans un cours d'eau, plus sont aussi généralement élevées les concentrations d'éléments traces.

À partir de fin juillet 2022, une concentration saline en hausse a été constatée dans la partie occidentale des Pays-Bas (embouchure du Rhin et de la Meuse) car les débits fluviaux étaient trop faibles pour refouler l'eau de mer. La concentration saline a aussi augmenté progressivement dans la région de l'IJsselmeer et dans le canal de la mer du Nord (Noordzeekanaal) en raison du manque d'eau. De septembre à mi-novembre 2022, les teneurs en chlorures ont dépassé la norme réglementaire de 150 mg/l fixée pour l'eau potable dans la station de captage d'eau potabilisable d'Andijk (IJsselmeer), ce qui a

contraint le fournisseur d'eau à prélever de l'eau de l'IJsselmeer de manière sélective et à recourir à son stock de réserve (Rijkswaterstaat 2023). Dans le même temps, la teneur en chlorure a augmenté dans le flux entrant d'eau douce en amont.

En lien avec les températures élevées de l'air, de hautes **températures de l'eau** ont été relevées, notamment pendant la phase de l'« étiage estival » de juillet et août (cf. figure 8). Les températures de l'eau sont restées anormalement élevées pendant tout l'été 2022 sur l'ensemble du Rhin allemand sans atteindre cependant dans aucun tronçon du Rhin les valeurs de pointe de l'ordre de 28 °C relevées en 2003 et 2018. Des températures d'eau élevées ont également été mesurées aux Pays-Bas mais les 25°C n'ont pas été dépassés. La valeur limite de 25 °C a été dépassée en juillet et août 2022 dans les six stations suisses du Rhin entre le lac de Constance et Bâle. Les températures de l'eau ont parfois atteint 26,3 °C, une valeur maximale journalière qui n'a été dépassée qu'en 2003 et 2018. Sur le cours franco-allemand du Rhin supérieur, les mesures ponctuelles françaises s'inscrivent dans ces tendances.

Malgré les fortes températures de l'eau, le **taux d'oxygène** n'a pas été critique dans différentes parties du Rhin. En revanche, quelques grands affluents (canalisés) du Rhin ont affiché des valeurs critiques d'oxygène en 2022. Dans le cours amont de la Moselle, la teneur en oxygène est brièvement tombée au-dessous de 4 mg/l en mai/juin 2022 ; en revanche, elle a été soutenue par l'apparition d'une efflorescence de cyanobactéries en août/septembre (voir plus bas). Selon le plan d'alerte « Main écologie fluviale », des déficits d'oxygène critiques sont survenus notamment en début de la période de croissance végétale en 2022 et à l'automne 2022 dans le Main. Dans ces deux cours d'eau, des mesures de stabilisation du régime d'oxygène (aération par turbines, surverse) ont été prises à titre de précaution. En 2022, il n'y a pas eu dans le Neckar de déficits d'oxygène qui auraient amené à prendre des mesures d'aération. Les évolutions météorologiques du printemps et de l'été 2022 ont favorisé une stabilisation des conditions phytoplanctoniques avec leurs cycles journaliers de production et de consommation d'oxygène. Des concentrations très basses, voire même critiques, ont été relevées ici et là dans des petites rivières du bassin du Rhin, notamment dans celles comportant un pourcentage élevé d'eaux usées ou un nombre important de retenues.

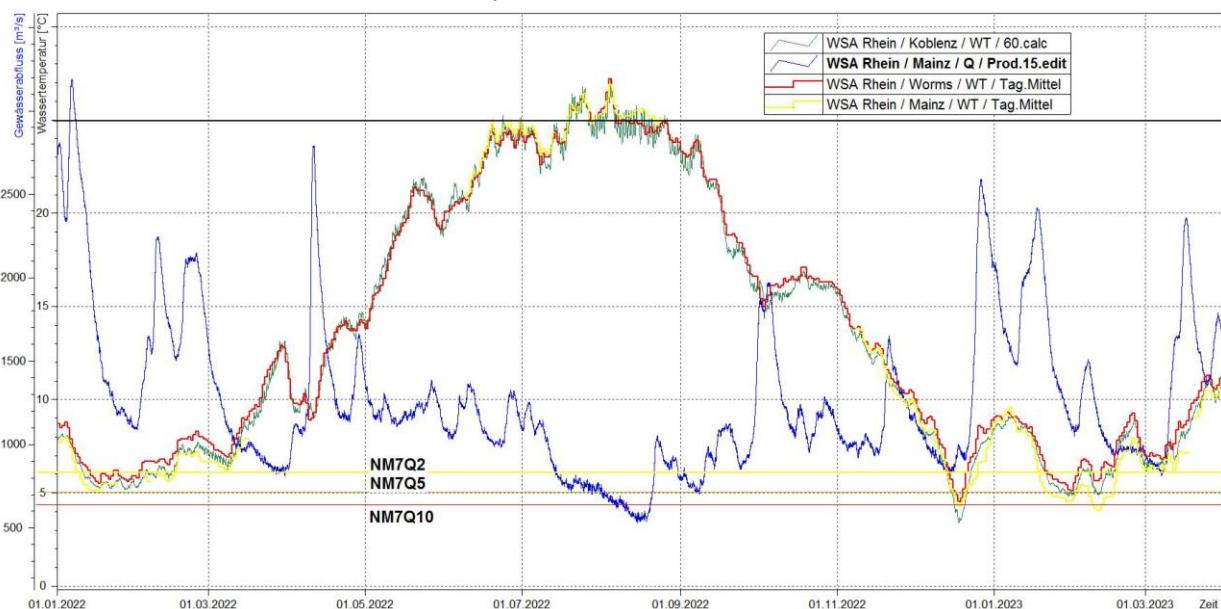


Figure 8 : Évolution des températures au droit de quelques échelles du Rhin entre janvier 2022 et mars 2023

Les faibles niveaux d'eau et les températures élevées de l'eau ont eu des répercussions sur les **organismes** aquatiques à certains endroits.

De juillet 2022 à la mi-août 2022, le débit du Rhin alpin (échelles de Lustenau dans le Vorarlberg) est resté dans la marge des valeurs saisonnières les plus basses de la série pluriannuelle d'observation, avec même des nouvelles valeurs minimales saisonnières

certains jours. Il a fallu prélever et déplacer les poissons de plusieurs petits ruisseaux. Des poissons sont morts en masse dans le Dornbirnerach, un cours d'eau du Vorarlberg, fin juillet 2022. La raison la plus probable en est les températures élevées de l'eau, avec des hausses mesurées jusqu'à 29 °C, et la végétation consommatrice d'oxygène dans le Dornbirnerach.

Malgré de hautes températures de l'eau et de faibles niveaux d'eau, des mortalités de poissons ne sont survenues dans le haut Rhin et ses affluents qu'à de rares endroits. Les espèces les plus touchées ont été les ombres, les truites et les barbeaux. Les services de la pêche estiment que l'absence de mortalité massive telle que celle survenue en 2018 vient d'une part de la taille limitée des peuplements, notamment ceux d'ombres (quand le nombre de poissons est bas, les taux de mortalité sont difficiles à reconnaître), et d'autre part du fait que les températures de l'eau n'ont pas atteint les maxima de 2018 et que les vagues caniculaires n'ont pas duré aussi longtemps.

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 des poissons sont morts néanmoins dans les étangs, les anciens bras ou des petits lacs des plaines alluviales (en Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Bade-Wurtemberg et Bavière). Les espèces amphibiennes ont également été sévèrement affectées dans les eaux alluviales. Malgré les températures élevées, l'oxygénéation du Rhin à écoulement libre et des principaux affluents (régulés) est restée suffisante pour les poissons à quelques exceptions près, c'est-à-dire au-dessus de la valeur critique de 7 mg/l. Il n'a pas été relevé de cas isolés de mortalité de coquillages de faible ampleur, comme il en avait été constaté par ex. en 2018 dans le Rhin supérieur sur territoire rhénano-palatin. Globalement, il n'est pas apparu d'anomalies dans les peuplements de poissons juvéniles ni dans les analyses du macrozoobenthos et aucune chute des peuplements macrozoobenthiques n'a été communiquée ou observée dans le Rhin par les services compétents pendant les phases de températures d'eau élevées.

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 (dragages de chenaux d'étiage et de zones de débouché, ombragements artificiels et aérations, interdictions de promenade et de baignade à certains endroits critiques, etc.) (Aquaplus 2021, 2022 ; Achermann & Egloff 2023). La tombée à sec de petits cours d'eau et de rivières latérales a occasionné des mortalités de poissons et parfois même d'espèces macrozoobenthiques dans d'autres cours d'eau suisses que le haut Rhin. En Rhénanie-Palatinat et en Rhénanie du Nord Westphalie également, on a observé à certains endroits que des cours amont de ruisseaux étaient tombés à sec, mais ils n'ont pas entraîné de mortalité du macrozoobenthos.

Comme au cours de la plupart des étés depuis 2017, un bloom de cyanobactéries du genre *Microcystis* générateur de toxines est survenu à l'été 2022 sur tout le linéaire de la Moselle et ne s'est estompé que vers fin septembre 2022. À titre de précaution, la Rhénanie-Palatinat a publié des avertissements relatifs aux usages récréatifs de la Moselle.

Par rapport à 2017/2018 et aux étés suivants (seul 2021 n'a pas connu de développement massif de cyanophycées dans la Moselle), l'efflorescence cyanobactérienne de 2022 dans la Moselle a été nettement plus marquée et a duré jusqu'au début de l'automne 2022 en raison des faibles débits prolongés. La BfG a détecté la toxine (*Microcystine*) produite par les cyanobactéries au travers d'analyses ciblés dans des échantillons prélevés en août et septembre 2022, mais uniquement dans des concentrations inférieures aux valeurs limites fixées pour les eaux de baignade.

Jusque fin septembre 2022 dans la Moselle et jusqu'en août 2022 dans le Neckar, la formation des « blooms de cyanobactéries » a été favorisée par le long temps de séjour de l'eau entre les barrages et son écoulement très lent dû à la situation d'étiage. L'ensoleillement intense et les températures de l'eau supérieures à 25 °C pendant des phases prolongées ont renforcé ce phénomène. Sur le Rhin moyen, le faible courant dans les zones peu profondes proches des berges a donné lieu à une croissance massive d'algues filamentueuses qui ont totalement recouvert le lit du fleuve.



Figure 9 : La tour aux souris (Mäuseturm) à Bingen (Rhin moyen) et algues filamenteuses, juillet 2022 (photo : M. Brunke)

Un bloom algal, provoqué ici par la cyanobactérie *Planktothrix rubescens*, est également survenu dans le Bruggerloch, un petit lac de dragage de la commune de Höchst dans le Vorarlberg.

Dans le Waal et l'IJssel, le faible débit a fait tomber à sec les bras latéraux, ce qui s'est traduit par une perte d'habitats aquatiques. Les bras latéraux répartis sur le cours de l'IJssel ont été à sec pendant 85 à 283 jours (moyenne de 158 jours) en 2022. Par ailleurs, les étiages font augmenter le risque de blessures par contact des poissons avec les hélices des bateaux. Ce risque est le plus important dans le Waal, parce que la navigation y est intense et qu'elle est la principale voie de migration pour plusieurs espèces. Les anguilles sont particulièrement exposées au risque de collision avec les bateaux car elles voient et entendent mal. La probabilité d'une collision entre anguilles et bateaux est la plus forte quand le niveau d'eau est bas ou quand le débit commence tout juste à remonter, car il incite alors les anguilles à dévaler (Schulte & Van Winden, 2024).

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

Remarque : les mesures prises sont soulignées dans le texte.

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 les ressources locales en eau souterraine. Bien que l'**approvisionnement** public **en eau** ait pu être assuré à quelques exceptions près, la période d'étiage et de sécheresse, qui a eu lieu quatre ans seulement après l'épisode extrême de 2018, a eu un grand retentissement dans les médias et a renforcé la sensibilité du public et des usagers à cette problématique. Localement, elle a également provoqué des conflits disparates entre l'utilisation et la protection de l'eau. Les principales évolutions et les problèmes rencontrés par les États du bassin du Rhin au niveau de l'approvisionnement en eau et de la consommation d'eau ainsi que les mesures prises sont résumés ci-dessous :

- En **Suisse**, certains cantons ont enregistré des difficultés d'**approvisionnement public en eau**, qui ont toutefois pu être compensées en grande partie grâce aux réseaux d'approvisionnement en eau (en provenance de régions ayant suffisamment de ressources en eau). Dans quelques cas, des restrictions d'utilisation ou des mesures d'approvisionnement d'urgence ont été nécessaires, mais elles ont concerné en premier lieu les alpages en montagne. Dans beaucoup de cantons, les communes ou leur services des eaux ont appelé leur population à économiser l'eau. La sécheresse a eu des conséquences significatives pour l'**agriculture** suisse ; la végétation herbeuse et les cultures de maïs en particulier en ont fortement souffert dans certaines régions. À de nombreux endroits, des réserves de foin prévues pour l'hiver ont dû être utilisées dès

Il l'été. En revanche, les cultures hivernales comme les céréales d'hiver ont eu de forts rendements, car elles sont arrivées à maturité inhabituellement tôt cette année-là et ont donc moins été confrontées à la sécheresse estivale. Les faibles niveaux d'eau dans les cours d'eau ont été associés à des restrictions des prélèvements pour l'irrigation agricole dans le Mittelland, le Jura et sur le flanc nord des Alpes. Elles ont été décidées pour la période de juin à septembre, et dans certains cas jusqu'à octobre. La qualité de la récolte de pommes de terre p. ex. a pâti de l'absence d'irrigation. En Suisse, les mesures à court terme appliquées le plus fréquemment par les cantons ont été la mise en place de groupes de travail ou de cellules de crise/spéciales ainsi que des mesures de communication adressées à la population. Deux cantons ont accordé des autorisations exceptionnelles de prélèvements d'eau temporaires qui ne respectaient pas les débits réservés minimaux. Pour protéger l'écologie fluviale, des pêches de sauvetage et des interdictions de baignade et d'accès aux cours d'eau ont été fréquemment mises en place en 2022. La création de refuges ou d'autres possibilités pour les poissons de se protéger (creusement de chenaux d'étiage, ombragement artificiel, apport d'eau fraîche) ont représenté des mesures plus rarement appliquées.

- En **Autriche**, 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. Il n'a **pas été nécessaire de mettre en œuvre des mesures supplémentaires pour assurer l'approvisionnement en eau** dans le bassin autrichien du Rhin en 2022 face aux répercussions de la sécheresse. Il a toutefois fallu prélever et déplacer les poissons de plusieurs petits ruisseaux. Des poissons sont morts en masse dans le Dornbirnerach fin juillet 2022.
- Au **Liechtenstein**, on a pu compenser une offre en eau réduite par une bonne mise en réseau des usines de production d'eau et les systèmes publics de distribution d'eau n'ont pas connu de difficultés. Toutefois, la sécheresse s'est parfois traduite par un manque d'eau dans les ruisseaux et a affecté en conséquence **les organismes aquatiques**. En outre, les faibles débits ont restreint les possibilités d'irrigation des **cultures agricoles**. Grâce à un suivi continu de la situation, on a cependant pu éviter des interdictions de prélèvements d'eau à des fins agricoles. Il a été nécessaire malgré tout de prélever en partie de l'eau sur le réseau public de distribution d'eau potable pour irriguer les cultures agricoles.
- En **Allemagne**, certains Länder fédéraux ont connu de manière temporaire et locale des **pénuries dans la distribution publique d'eau**. Les distributeurs d'eau ont parfois appelé les consommateurs à économiser l'eau ou ont émis des dispositions d'économie d'eau. Les autorités compétentes dans le bassin allemand du Rhin ont ordonné à grande échelle, le plus souvent à partir de juillet et également au-delà du mois d'août, des restrictions juridiques de la consommation publique de la ressource en eau. Certains prélèvements d'eau autorisés pour l'irrigation agricole, l'horticulture commerciale ou à d'autres fins ont été réduits ou temporairement levés. Dans l'ensemble, l'épisode d'étiage de 2018 a montré (en raison également des expériences des années d'étiage de 2015 à 2018) que les services publics ont à contrôler les usages, à surveiller les cours d'eau, à conseiller les usagers et à engager les mesures nécessaires de manière rigoureuse et intensive. Des outils tels que le service d'information sur les étiages de Bavière ou le centre d'information sur les étiages du Bade-Wurtemberg (voir aussi chapitre 5.2) ont contribué dans une très large mesure à informer le public et à appuyer les services publics dans l'exécution de leurs tâches. Des exemples de « plans d'avertissement et d'alerte à visée écologique existent en Rhénanie-Palatinat, au Bade-Wurtemberg et dans le bassin du Main. En raison des températures d'eau élevées, la Rhénanie-Palatinat a déclenché en juillet 2022, conformément à son plan « Canicule » structuré par étapes, son niveau d'action 1 qui prévoit à partir de températures de rivières > 25°C, et dans certains cas particuliers dès que les températures dépassent 18,5 °C, une surveillance renforcée et des préparatifs de la part des autorités publiques et des exploitants industriels et commerciaux occasionnant des rejets thermiques. Il n'a pas été nécessaire en 2022 de déclencher le niveau d'action 2 exigeant des mesures concrètes d'abaissement des apports thermiques (par ex. le recours au refroidissement à l'air au lieu d'eaux de refroidissement, l'avancement de travaux de révision prévus). Pour soutenir le taux

d'oxygène dans le tronçon canalisé du Neckar, des accords ont été convenus en 1980 au Bade-Wurtemberg : les exploitants des centrales et la ville de Stuttgart, qui gère la plus grande STEP sur le Neckar, se sont engagés à réaliser des mesures d'aération quand le taux d'oxygène passe au-dessous du seuil critique de 4 milligrammes par litre d'eau. Il n'a cependant pas été nécessaire de recourir à de telles mesures de soutien en 2022. Par ailleurs, des « préalertes » à 50 jours au sein des administrations et des « alertes » à 7 jours ont été émises dans le cadre du [plan d'alerte Main écologie fluviale](#) en raison de températures élevées de l'eau et de déficits d'oxygène en phase de faibles débits. Les mesures exécutées ont porté sur l'information du public, la mise en service d'aération par turbines sur l'usine hydroélectrique de Kleinostheim et l'injonction aux communes et aux entreprises (rejeteurs directs), de même qu'aux services des eaux et de la navigation, de s'abstenir d'activités susceptibles d'aggraver la situation (par ex. le rinçage de canalisation, les maintenances de stations d'épuration pouvant être reportées, les dragages de sédiments dans le chenal de navigation du Main). Les rejeteurs directs ont été conseillés en détail. Dans le bassin du Main, il a été réalisé un transfert d'eau depuis le bassin du Danube vers le bassin de la Regnitz et du Main entre la mi-juin 2022 et début octobre pour rehausser le niveau d'étiage par un apport de presque 80 millions de m³ d'eau transitant par le canal de transfert et d'env. 25 millions de m³ par le canal du lac de Brombach. On a ainsi pu respecter les dispositions de rehausse du niveau d'étiage conformément aux règles d'exploitation du système de transfert et atténuer l'impact de l'étiage, même s'il a fallu interrompre temporairement de mi-juillet à mi-aout le transfert d'eau du Danube vers le bassin du Main en raison d'un débit du Danube inférieur au niveau fixé pour ce transfert. Dans le secteur **agricole**, des pertes de rendement ont été constatées, surtout dans le centre et dans le sud du bassin allemand du Rhin. Elles se sont exprimées par des maturations prématuées fréquentes pour les céréales, un manque de croissance pour les prairies permanentes et un dépérissement des betteraves sucrières. Par ailleurs, des dommages sont survenus par échaudage des fruits en arboriculture et en viticulture. Dans le nord-ouest de la Bavière (région de Basse-Franconie), les rendements ont baissé par ex. d'env. 35 % pour les pommes de terre et le maïs d'ensilage et d'env. 17 % pour les betteraves sucrières par rapport à la moyenne décennale. On a constaté en revanche pour l'orge d'hiver une légère hausse des rendements en raison des mois relativement humides de l'automne et de l'hiver 2021/2022.

- **Afin de préserver notamment l'alimentation en eau potable et les milieux naturels**, des mesures de limitation provisoire de certains usages de l'eau ont été imposées **en France** par l'État de mi-juillet à mi-octobre 2022. Ces mesures ont visé les consommations des particuliers et des collectivités, ainsi que les usages industriels, commerciaux et agricoles. Les ouvrages hydrauliques et la navigation ont également été concernés. Des comités sur la ressource en eau ont été activés par l'état dans chaque département concerné ; plusieurs comités se sont tenus au cours de la période d'étiage. Le service d'information sur l'étiage de la DREAL a publié des bulletins de situation de l'étiage chaque semaine de début mai jusqu'à mi-novembre 2022.
- En 2022, de nombreux **petits cours d'eau luxembourgeois** sont tombés à sec pour la première fois, où pour la deuxième fois après 2020, et de nouveaux records de bas niveaux ont été mesurés. Il n'a pas été signalé de mortalité des poissons de grande ampleur, mais la situation était tendue en regard des faibles débits et des températures élevées de l'eau. Malgré la sécheresse météorologique, l'**approvisionnement en eau potable** est resté stable car le niveau de remplissage du barrage de vallée d'Esch-sur-Sûre (qui assure 50 % de la ressource en eau destinée à la production nationale d'eau potable) était suffisamment haut. L'**agriculture** a souffert de la sécheresse mais le pourcentage de l'agriculture irriguée est désormais faible au Luxembourg. Une campagne de sensibilisation a été lancée à partir du 16 juin pour appeler à économiser l'eau ; elle a été rehaussée à une phase vigilance à partir du 13 juillet. Avec le début du congé collectif, la consommation nationale d'eau a nettement baissé à nouveau et la phase vigilance s'est terminée le 4 août. La campagne de sensibilisation à l'économie d'eau est toutefois restée en vigueur. Comme la plupart des années précédentes, les prélèvements d'eaux de surface ont été interdits du 13 juillet au 5 octobre (à quelques exceptions près), mais la navigation sur la Moselle n'a pratiquement pas été touchée.

Au cours de l'été 2022, une campagne de mesure des débits d'étiage a également été effectuée en particulier sur les cours d'eau de plus petite taille pour mettre au point ces cartes des risques d'étiage. L'épisode d'étiage 2022 sera traité dans le cadre d'un projet supplémentaire.

- Aux **Pays-Bas**, l'équipe de gestion des pénuries d'eau, la commission nationale de coordination sur la répartition de l'eau et des conseils régionaux sur la sécheresse sont entrés en action. En périodes de (menace de) pénurie d'eau, ces cellules de crise sont responsables en matière de conseil et d'aide à la décision pour la prise de mesures visant à maintenir au plus bas niveau possible les répercussions négatives de la sécheresse et des étiages. On applique ici la disposition réglementaire de priorisation de l'accès à l'eau. Ceci a des **conséquences pour les utilisateurs de la ressource en eau**. Des interdictions de captage d'eaux de surface et souterraines ont été décrétées. Les effets de la sécheresse et des étiages se sont surtout fait ressentir **sur l'agriculture, la nature et les activités de loisirs aquatiques** (*pour les effets sur la navigation voir plus bas*). La sévère phase de sécheresse qui a duré de mi-juillet à début août a endommagé les cultures. Les impacts de la pénurie d'eau sur **l'agriculture** ont varié selon les régions. Le manque d'humidité du sol s'est traduit par une stagnation de la croissance végétale et une baisse des récoltes, en particulier dans le sud et l'est des Pays-Bas. Les impacts de la sécheresse ont également été très perceptibles sur le milieu naturel et ont fait baisser les niveaux de la nappe souterraine. Ils ont eu des répercussions sur la faune et la flore, notamment sur les poissons, les amphibiens, les oiseaux et les forêts, les bruyères et les tourbières. De la mi-août à la mi-septembre, la situation a été préoccupante. Les oiseaux de prairies ont souffert, des zones forestières et de bruyère se sont asséchées, des passes à poisson ont été fermées et les arbres poussant dans les terrains sablonneux ont péri ou ont pris leur parure d'automne. On a connu parallèlement des problèmes de qualité de l'eau (cyanophycées et botulisme) qui ont mené à des mortalités de poissons. Des interdictions de baignade ont été décrétées dans tout le pays. Des réserves naturelles ont également été dégradées, entre autres les tourbières non alimentées en eau. **Les affaissements de terrain** sont des processus continus au Pays-Bas, mais une année sèche telle que 2022 avec des **niveaux de nappe particulièrement bas** accélère ce processus et amplifie les dommages occasionnés aux fondations et aux infrastructures.

Les paragraphes suivants décrivent **les conséquences et les mesures** (*soulignées dans le texte*) concernant différents autres usages.

Pour ce qui est du secteur de l'énergie, des **usines** (usines thermiques telles que centrales nucléaires et centrales à charbon, usines hydroélectriques) installées sur le Rhin et ses affluents ont dû freiner leur puissance et réduire la production d'électricité en raison des faibles débits et/ou des températures trop élevées de l'eau ($> 25^{\circ}\text{C}$) (voir figure 8), auxquelles sont associées des mesures/règlements d'interdiction de rejets thermiques supplémentaires. Des centrales nucléaires (CN) en Suisse ont dû abaisser leurs prélèvements d'eaux de refroidissement. Une exception a été faite pour la centrale nucléaire de Beznau (CH) qui a continué sa production avec une capacité ralentie et a été autorisée à rejeter ses eaux de refroidissement (pour des raisons de sécurité d'approvisionnement) bien que la température de l'Aar ait dépassé le seuil prescrit par la loi ($> 25^{\circ}\text{C}$).

En France, le code de l'environnement prévoit que les effets des rejets thermiques doivent respecter les dispositions suivantes :

- ne pas entraîner une élévation maximale de température de $1,5^{\circ}\text{C}$ pour les eaux salmonicoles et de 3°C pour les eaux cyprinicoles,
- ne pas induire une température supérieure à $21,5^{\circ}\text{C}$ pour les eaux salmonicoles, à 28°C pour les eaux cyprinicoles et à 25°C pour les eaux destinées à la production d'eau alimentaire.

Les centrales nucléaires de Mühleberg (CH), Fessenheim (FR), Philippsburg (DE-BW) et Neckarwestheim (DE-BW) évoquées dans le [rapport CIPR de 2018](#) et en partie dans le présent rapport ont entre-temps été mises à l'arrêt.

Au Bade-Wurtemberg, le règlement sur les rejets thermiques établi entre le Land et les exploitants a été appliqué aux centrales thermiques installées sur le Rhin et le Neckar.

Pendant l'épisode d'étiage et les températures élevées enregistrées dans ce contexte, les exploitants ont transmis un rapport de situation journalier sur les données réelles de leurs

centrales aux administrations centrales. La hausse des températures de l'eau a amené à réaliser en juillet un suivi des sites d'exploitation des usines thermique de Stuttgart-Münster, de Marbach et de Neckarwestheim sur le Neckar, de même que sur celle de Karlsruhe sur le Rhin. La *centrale à vapeur (charbon)* de Staudinger fonctionnant à la houille et située sur le Main hessois a dû ralentir temporairement sa production au cours de l'été, d'une part en raison du transport limité de charbon par bateau et d'autre part en raison d'un approvisionnement restreint d'eaux de refroidissement dû aux températures d'eau relativement élevées.

Les faibles débits ont également fait baisser l'exploitation hydroélectrique et la production électrique des *usines hydroélectriques* suivantes (par ex. en Suisse -15,2 % par rapport à 2021) : Laufenburg et Rheinfelden (haut Rhin, exploitées par DE-CH), Iffezheim (DE), Gamburgsheim (exploitée par DE-FR) et toutes les usines hydroélectriques françaises (Gerstheim, Marckolsheim, Rhinau, Strasbourg, Fessenheim, Kembs, Ottmarsheim et Vogelgrun). Dans d'autres rivières et fleuves à débit plus restreint, des usines hydroélectriques ont dû être mises hors service. À grande échelle, des installations sans disposition de restitution d'un débit réservé dans leurs autorisations n'ont plus délivré de débit minimal.

La situation d'étiage a eu des **conséquences économiques** négatives autant sur la **navigation fluviale** que sur les **entreprises implantées sur le Rhin** et dépendantes de la navigation rhénane. Il convient ici de rappeler que l'économie et l'industrie souffraient déjà en 2022 de la crise énergétique provoquée par la guerre russe-ukrainienne et des répercussions de la pandémie de COVID 19. Un grand site chimique sur le Rhin a dû freiner sa production car l'approvisionnement fluvial en matières premières était limité et n'a pas pu être complètement compensé par d'autres voies de distribution. Ces faibles débits se sont traduits sur tout le Rhin navigable par des niveaux d'eau extrêmement faibles fin mars et de mi-juillet à mi-septembre 2022 qui ont fortement entravé la **navigation**. Pendant l'épisode d'étiage de 2022, ces perturbations ont débuté exceptionnellement tôt dans l'année. Les épisodes d'étiage ne sont pas nouveaux pour la navigation intérieure, mais la vulnérabilité de cette dernière a augmenté en raison de conditions météorologiques extrêmes, de bateaux plus volumineux et à plus profond tirant d'eau et d'exigences élevées imposées par le principe du « juste à temps » dans les chaînes logistiques. L'épisode d'étiage 2022 a entraîné des **pertes économiques considérables** (CCNR « Act now ») (voir figure 10), malgré un nombre de jours d'étiage inférieur à celui de 2018. Les bateaux de fret ont dû réduire leur chargement ou interrompre leur trajet, ce qui a fait baisser la quantité de marchandises par trajet et la capacité de transport dans son ensemble. Il a fallu faire appel en partie à d'autres modes de transport et les taux de fret ont été augmentés pour compenser les pertes de capacité. Les bateaux de plus petite taille et de moindre tirant d'eau étaient recherchés ; certains gros bateaux de fret à moteur avaient été aménagés après les expériences tirées de l'étiage de 2018 pour mieux circuler en période de faible débit. En effet, pour compenser la perte de capacité de charge, les entreprises de transport fluvial ont prélevé des suppléments sur les tarifs de fret (appelés « suppléments pour temps de basses eaux »), ce qui a fait augmenter les prix du transport. Les restrictions de transport et d'approvisionnement des entrepreneurs ont également eu des répercussions négatives directes sur la population, qui a subi en partie des hausses de prix (énergie/chauffage, carburants, produits) (source : DW, Fokus). De plus, les restrictions d'éclusage nécessaires aux Pays-Bas pour empêcher les intrusions d'eau salée, entre autres sur les écluses d'IJmuiden, ont occasionné des attentes plus longues et des encombrements devant les écluses.



Figure 10 : Nombre de jours d'étiage par rapport à l'impact sur le trafic rhénan⁷ (source : calcul de la CCNR basé sur les données de Destatis et de la WSV mises à disposition par la BfG)

À l'opposé, les niveaux d'étiage records et le beau temps de l'été 2022 ont attiré de nombreux touristes (« **tourisme d'étiage** »). Les **compagnies locales de transport de touristes et les bateaux de croisière** ont certes connu des perturbations, mais ils ont cependant réussi à maintenir leurs activités en s'adaptant, au prix de certaines restrictions et de mesures d'organisation supplémentaires. La navigation a également été restreinte sur certains lacs comme le lac de Constance et le lac de Joux (CH).

La sécheresse a eu aussi des **effets sur la sécurité**. Elle a fait naître un grand risque d'incendie de forêts. Les niveaux d'eau étant faibles, des munitions (par ex. des grenades) ont été mises à découvert dans le Rhin et il a fallu les désamorcer. Aux Pays-Bas, une surveillance intense des digues (de tourbe) a été appliquée pour estimer en temps requis les risques de formation de fissures et autres problèmes.

Les références utilisées dans le rapport ou les liens renvoyant à des informations plus détaillées sur l'événement d'étiage et sur les mesures figurent dans l'annexe II.

5 Perspectives

5.1 Étiage en 2023

L'année suivante, l'hiver 2022/2023 pauvre en précipitations et le début du printemps également sec (avec des exceptions régionales dans le nord-est de la Suisse) ont débouché sur un étiage sévère, mais grâce à des phases intermédiaires plus riches en précipitations, cet événement a été moins extrême qu'en 2022. Après une baisse des niveaux d'eau et des débits proches d'un MNQ pluriannuel dès le mois de juillet, des précipitations sont survenues en août et en septembre et ont permis de renflouer temporairement les débits des eaux de surface. Une nouvelle phase de sécheresse a fait régresser les débits jusqu'à un niveau minimum qui a été atteint en octobre 2023. À une échelle globale, les niveaux d'eau sont parfois tombés à ceux d'une période de retour de 2 à 5 ans (cf. tableau 4).

Tableau 4 : Paramètres d'étiage pendant l'année hydrologique 2023 aux échelles de Maxau (Rhin supérieur), Kaub (Rhin moyen) et Duisbourg-Ruhrort (Rhin inférieur). Le classement des temps de retour s'oriente sur la classification de la CIPR (rapport CIPR n° 248)

Années hydrologiques	MNQ(1961/2020)	NQ(2023)		NM7Q(2023)		Période de retour
		[m³/s]	Date	[m³/s]	Date	
Maxau	600	552	18.10.2023	574	20.10.2023	2-5
Kaub	792	744	19.10.2023	767	19.10.2023	2-5
Duisbourg-Ruhrort	1040	947	17.10.2023	947	17.10.2023	2-5

⁷ En ce qui concerne cette figure, il convient de noter que l'année 2022 est loin de compter le huitième épisode de basses eaux le plus long des 100 dernières années. Cependant, comme celui-ci s'est classé deuxième dans les années de basses eaux qui ont eu l'impact économique le plus grave sur le transport fluvial sur le Rhin, il a été décidé d'inclure 2022 dans la première ligne de cette figure.

* Les années des conflits mondiaux (1914-1918 et 1939-1945) et les années de grande crise économique (1919, 1923, 1931, 1932, 1975, 2009) en sont exclues. En 2022, la baisse du trafic rhénan a également été liée aux conséquences de la guerre en Ukraine.

Les fortes précipitations de novembre 2023 ont mis fin à la situation d'étiage sur l'ensemble du bassin.

Pour ce qui est des répercussions et des mesures prises en 2023, certains canton **suisse**s ont prononcé des interdictions de prélèvement d'eau. En raison de la pluie relativement abondante tombée au printemps, les conditions ont été bien meilleures pour l'agriculture qu'en 2022. Dans le contexte des impacts de la sécheresse et de la chaleur sur les cours d'eau en 2023, l'attention principale a plutôt porté sur les températures élevées de l'eau. En **France**, les niveaux de vigilance les plus élevés, c'est-à-dire ceux de « crise » (rouge) et de « vigilance renforcée » (orange), ont été atteints moins longtemps qu'en 2022. La situation d'étiage de 2023 a été estimée de façon diverse en **Allemagne** par les Länder fédéraux du bassin du Rhin. La Rhénanie-Palatinat l'a classée « non spectaculaire ». Le déficit de précipitations du semestre d'été a été compensé par des précipitations abondantes en août dans le nord de la Bavière et la situation d'étiage y a donc été moins marquée qu'en 2022. 29 villes et circonscriptions cantonales du Bade-Wurtemberg ont connu de temps à autre des restrictions de consommation communale à partir des eaux de surface. Ici et là, des autorisations délivrées au titre de la législation de l'eau ont été révoquées.

5.2 Des crises à leur résolution : évolutions après les étiages de 2018 et de 2022

Dans le cadre de la **CIPR**, les ministres compétents pour le Rhin ont publié en 2020 le programme Rhin 2040 visant à atténuer d'ici 2040 les impacts des épisodes d'étiage et de sécheresse dans le bassin du Rhin. À cette fin, il convient d'améliorer le monitoring des étiages, d'analyser la future disponibilité de la ressource en eau d'ici 2050 et de mettre au point des approches de solutions transfrontalières. Le groupe d'experts 'Étiages' (GE LW), qui est raccordé au Groupe de travail 'Inondations et étiages' (GT H), a été chargé de travailler sur ces sujets. Par ailleurs, la CIPR a également actualisé en 2024 dans le cadre de Rhin 2040 des scénarios de débit pour le Rhin et des affluents du Rhin sur la base des connaissances les plus récentes sur le changement climatique (rapport CIPR n° 297). Ces nouveaux scénarios, qui affichent aussi des indicateurs d'étiage, constituent la base des travaux de mise à jour de la stratégie CIPR d'adaptation au changement climatique d'ici 2025. À l'avenir, on estime que les débits augmenteront en hiver et qu'ils baisseront en été, ce qui se pourrait se traduire par des phases de sécheresse et d'étiage plus fréquentes. Le régime hydrologique sera plus caractérisé par les pluies que par la fonte de la neige et des glaciers (« pluvialisation » progressive).

Dans le bassin du Rhin, la CIPR travaille **étroitement avec d'autres commissions** telles que les CIPMS, la CHR, l'IGKB et la CCNR. Ces commissions sont toutes conscientes des risques actuels et futurs d'étiage, de sécheresse et de pénurie d'eau et ont toutes renforcé leurs travaux dans ce secteur (voir références en annexe II). On peut citer ici comme exemples les deux projets « ASG II » et « SES » de la CHR (voir références en annexe II). La CCNR recommande un ensemble de mesures avec quatre leviers principaux dans le but d'améliorer la résilience du secteur de la navigation fluviale face aux étiages : progrès dans les prévisions numériques du niveau d'eau du Rhin, mesures infrastructurelles dans une perspective à moyen terme, adaptation des bateaux aux conditions d'étiage et optimisation de la manutention. Une coopération renforcée et continue (voir « Low Water Talks » de la CCNR) entre les acteurs s'impose pour trouver des solutions efficaces.

Au niveau européen (UE), de nombreuses activités ont été mises en place à partir de 2018 pour mieux identifier les risques actuels et futurs de périodes de sécheresse et pour développer les connaissances et les mesures correspondantes. On y trouve les travaux et produits du groupe ad hoc « water scarcity and drought » de la Commission européenne et des États membres (processus CIS), de même que l'Observatoire européen de la sécheresse (EDO) du Centre commun de recherche (JRC) de la Commission européenne, avec lequel la CIPR coopère étroitement, et son portail, ses rapports et l'atlas sur la sécheresse et le réseau européen des observatoires nationaux de la sécheresse (European Network of National Drought Observatories) instauré il y a quelques années.

En **Suisse**, de nombreux cantons ont pris de nouvelles mesures de gestion des pénuries d'eau dans le long terme de 2018 à 2022. On constate en particulier une tendance à gérer l'eau de manière plus préventive au niveau de la mise en réseau des infrastructures d'approvisionnement en eau potable, de même que dans les plans d'utilisation de l'eau brute pour l'irrigation agricole. Trois cantons occupant une partie du bassin du Rhin disposent d'une stratégie cantonale de l'eau (Berne, Jura, Soleure) et une dizaine d'autres élaborent ou planifient une telle stratégie. Les stratégies de l'eau s'orientent sur la vision d'une gestion intégrée de l'eau, et les différents intérêts relatifs à l'utilisation de l'eau, la protection de l'eau et la protection contre l'eau sont ajustés à un niveau faîtier.

En **Autriche**, le ministère fédéral de l'agriculture et la sylviculture, des régions et de la gestion de l'eau a établi en 2023 en coopération avec les Länder fédéraux un plan fédéral de préservation de l'eau potable. Parmi d'autres mesures, un montant global de 3 millions d'euros est affecté aux recherches sur des utilisations efficaces de l'eau afin de réagir aux changements de la disponibilité des eaux souterraines dus au changement climatique.

En **France**, l'État a lancé au printemps 2023 le plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau, dans le cadre de la planification écologique, avec 53 mesures visant à répondre aux enjeux de sobriété des usages, de qualité et de disponibilité de la ressource, et à améliorer la réponse face aux crises de sécheresse. Une nouvelle plateforme « VigiEau » a été développée pour permettre aux différents usagers de l'eau (particulier, collectivité, entreprise, agriculteur) de connaître la situation de sécheresse locale ainsi que les restrictions qui s'appliquent localement. L'agence de l'eau Rhin-Meuse a adopté à l'automne 2022 un plan d'aides « spécial sécheresse » aux investissements permettant de garantir une sécurisation de l'approvisionnement en eau potable et une sobriété des usages de l'eau. Ces aides sont destinées aux investissements en matière d'alimentation en eau potable, d'assainissement, d'eau et de nature en ville, d'agriculture et d'industries. Le dispositif a bénéficié de moyens financiers supplémentaires en 2023.

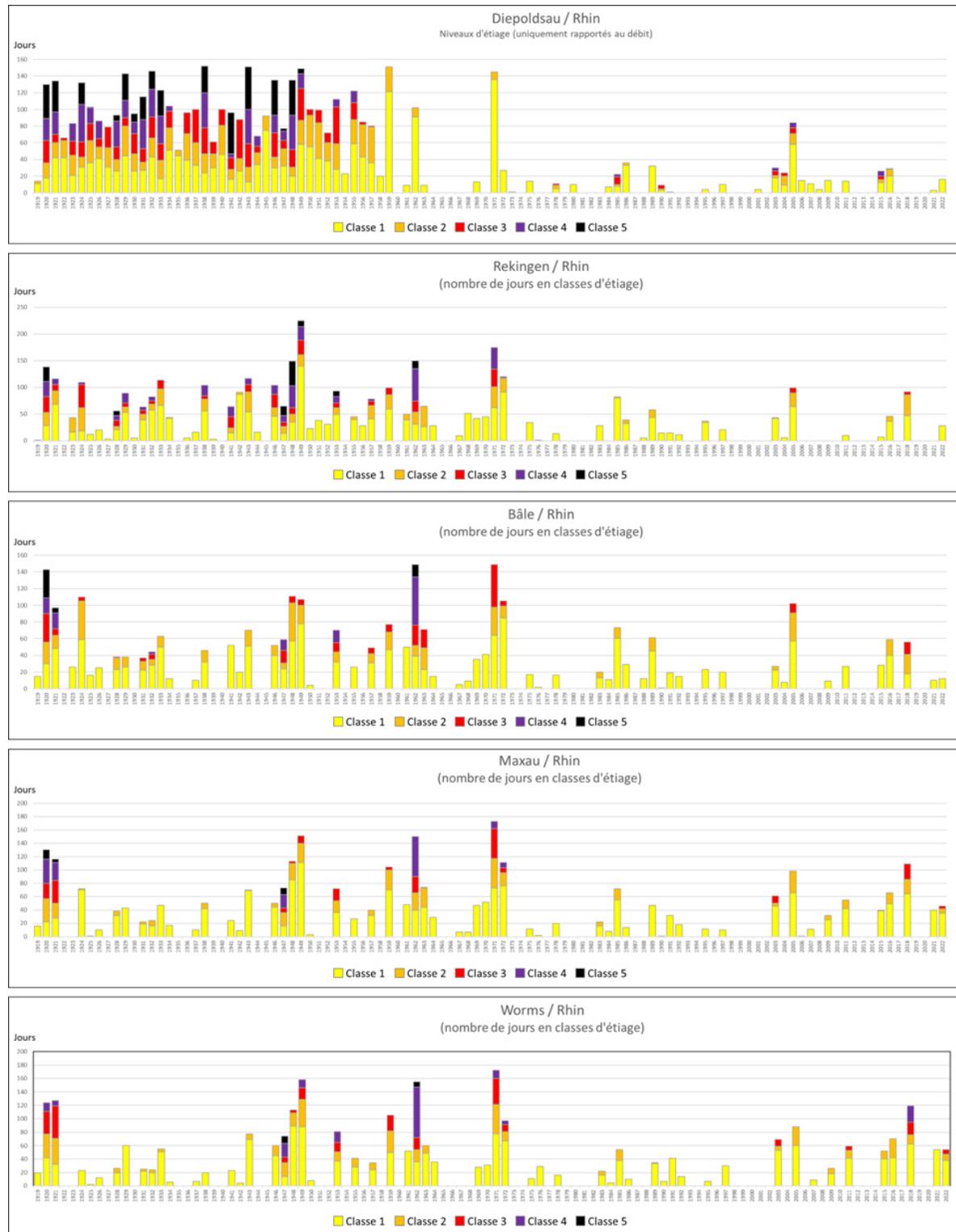
En **Allemagne**, la stratégie sur les pénuries d'eau du Bade-Wurtemberg par ex. a été publiée au cours de l'été 2022. Cette stratégie comprend un plan en 12 points qui est appliqué à une échelle supradisciplinaire et prévoit comme élément central la mise en place d'un centre d'information des étiages (NIZ). On peut également citer comme programmes et approches généraux la stratégie nationale de l'eau ou l'avenir de l'eau en Bavière 2050. Pour améliorer la qualité des données sur les cours d'eau pouvant temporairement tomber à sec dans de futures situations d'étiage, le LANUV (NRW) donne depuis juillet 2024 aux autorités subordonnées en charge de l'eau et aux syndicats de l'eau à statut spécial la possibilité de recenser via une application web les tronçons de rivière tombant à sec. En outre, les programmes d'analyse ont été adaptés et élargis, par ex. dans le Land de Sarre, pour pouvoir réagir à temps dès que des problèmes se dessinent (« programme d'analyse Cyanobactéries »). La Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) a publié début 2023 une étude sur les séquences d'étiage survenues de 2015 à 2018. Au cours de ces phases, toutes les voies navigables fédérales ont été frappées à plusieurs reprises par des étiages extrêmes et les niveaux d'eau sont tombés à de nombreux endroits au-dessous des marques les plus basses connues jusqu'à présent. Le système d'information sur les étiages (NIWIS) de la BfG, qui sera opérationnel en 2025, est actuellement mis au point en coopération avec la fédération et les Länder. Il s'adresse aux experts et aux particuliers et apporte, en plus d'une documentation des faits, des outils d'analyse et des explications détaillées sur l'interprétation des séries temporelles et sur la thématique des étiages. À propos de la navigation et des acteurs économiques, on évoquera le plan d'action « Étiages Rhin » publié en 2019. Dans quatre champs d'action, à savoir « mise à disposition d'informations », « transports et logistique », « infrastructures » et « pistes de solution à long terme », huit mesures ont été établies pour faire face aux défis du changement climatique sur le Rhin. Ces mesures vont de l'amélioration des prévisions opérationnelles à l'engagement plus rapide de mesures infrastructurelles et à un dialogue social en passant par le développement de bateaux plus adaptés aux étiages.

La deuxième phase du Plan Delta sur les eaux douces a été lancée en 2022 aux **Pays-Bas**. En appliquant ce plan sur la période 2022-2027, les Pays-Bas entendent devenir plus résilients à la sécheresse et aux étiages. Environ 800 millions d'euros sont attribués à la mise en œuvre du faisceau de mesures de ce plan.

Annexe I - Monitoring rétrospectif, y compris 2022

Explications des classes d'intensité :

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





Annexe II - Références et informations complémentaires sur l'épisode d'étiage et de sécheresse 2022

CIPR :

- Thème des étiages : <https://www.iksr.org/fr/themes/etiage/>
- [Communiqué de presse « Étiage 2022 » \(septembre 2022\)](#)
- Système de monitoring des étiages CIPR :
<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
- CIPR 2020 : [Rapport CIPR n° 263](#) « Rapport sur l'épisode d'étiage de juillet-novembre 2018 »
- CIPR 2018 : [Rapport CIPR n° 248](#) « Inventaire des conditions et des situations d'étiage sur le Rhin »
- CIPR 2024 : [Rapport CIPR n° 297](#) « Scénarios de débits induits par le changement climatique pour le bassin du Rhin »
- [Rhin 2040](#)

Références bibliographiques sur le chapitre 3 (contributions des GT B et S) :

- Achermann, N. & Egloff N. 2023: Tagungsbericht: Kurz- und mittelfristige Massnahmen zum Schutz der Fische und Krebse bei Trocken- und Hitzeperioden. Erfahrungen und Empfehlungen basierend auf dem JFK/BAFU Workshop vom 29.3.2023. [Changement climatique et pêche - Conférence pour la forêt, la faune et le paysage \(CFP\) \(kwl-cfp.ch\)](#)
- AQUAPLUS 2021: Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen. Fachbericht zum best-practice Handbuch. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel. 56 S. und Anhang A–E
- AquaPlus 2022 : Mesures de protection des poissons en cas de canicule. Guide de travail. Projet pilote F13 dans le cadre du programme pilote « Adaptation aux changements climatiques ».
- Deltares 2023: Relatie afvoer Maas en Rijn en waterkwaliteitsproblemen met oog op Drinkwaterbereiding, https://publications.deltas.nl/11209246_011_0003.pdf
- Rijkswaterstaat 2023: Droogtseizoen 2022: terugblik WMCN-LCW. Rijkswaterstaat publicatieplatform. <https://open.rijkswaterstaat.nl/zoeken/@253589/droogtseizoen-2022-terugblik-wmcn-lcw/>
- Schulte L. & A. Van Winden 2024: Effect van droogte en lage rivierafvoeren op rivierenatuur. Bureau Stroming in opdracht van WWF. [effect_droogte_en_lage_rivierafvoeren_op_rivierenatuur_4_2024.pdf \(levenderivieren.nl\)](#)

CH :

- Information de la délégation suisse au sein du GE LW (CIPR, interne)
- EBP Schweiz (2023): Trockenheit im Sommer 2022. Eine Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Maßnahmen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. (https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/trockenheit-im-sommer-2022-befragung-der-kantonalen-gewaesserschutz-und-fischereifachstellen-zu-auswirkungen-und-Maßnahmen.pdf.download.pdf/Trockenheit_2022_Befragung_Kant_Fachstellen.pdf)
- [La canicule et la sécheresse de l'été 2022 \(admin.ch\)](#)
- Imfeld, N., P. Stucki, S. Brönnimann, M. Bürgi, P. Calanca, A. Holzkämper, F. A. Isotta, S. U. Nussbaumer, S. C. Scherrer, K. Staub, A. M. Vicedo-Cabrera, T. Wohlgemuth und H. J. Zumbühl (2022). 2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer. Geographica

Bernensia, G100, doi:10.4480/GB2022.G10 ([2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer \(unibe.ch\)](#))

- Plate-forme d'information pour la détection précoce de la sécheresse en Suisse : <https://www.drought.ch/fr/>

AT :

- Information de la délégation autrichienne au sein du GE LW (CIPR, interne)
- Plan de sauvegarde de l'eau potable : <https://info.bml.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/trinkwassersicherungsplan.html> et lien direct : https://info.bml.gv.at/dam/jcr:718c4dff-ade2-4bbc-8264-53fad04eba2a/BML_Publikation_TWSP_A4_barrierefrei.pdf

FL :

- Information de la délégation du Liechtenstein en GE LW (CIPR, interne)

DE :

- Informations de la délégation allemande en GE LW et du président du GE LW (collaborateur de la BfG) (CIPR, interne)
- BfG, 2022: Niedrigwasser-Update: Wöchentliche Lageberichte der Bundesanstalt für Gewässerkunde https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/2_Publikationen/Niedrigwasserbericht/niedrigwasserbericht_node.html
- LUBW, 2023: Wieder ein Rekordjahr – So sonnig und warm wie noch nie - Eine klimatische Einordnung des Jahres 2022 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10485>
- LUBW, 2024: Temperaturrekord und Achterbahnfahrt des Niederschlags – Eine klimatische Einordnung des Jahres 2023 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10605>
- LUBW, 2023 (2): Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse 2022, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10597>
- Rapports de situation des services d'information bavarois sur les étiages ([Niedrigwasser-Lagebericht Bayern](#))
- Gouvernement de Basse-Franconie (BY) : [Alarmplans Main Gewässerökologie](#)
- [Umweltministerium ruft erste Warnstufe wegen hoher Gewässertemperaturen aus . Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz \(rlp.de\)](#)
- [Handlungs- und Informationskonzept \(Stufenplan\) bei hohen Wassertemperaturen in rheinland-pfälzischen Fließgewässern](#)
- Ministère de l'environnement, du climat et de l'économie énergétique du Bade-Wurtemberg (2022) : [Strategie zum Umgang mit Wassermangel in Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#) mit [Startseite - Niedrigwasser-Informationszentrum Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#)
- Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature, de la Sûreté nucléaire et de la Protection des Consommateurs : Stratégie nationale de l'eau ([BMUV: Wasserstrategie](#))
- Ministère bavarois de l'environnement et de la protection des consommateurs : L'avenir de l'eau en Bavière 2050 ([Wasserzukunft Bayern 2050 | Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz](#))
- Office sarrois de la protection de l'environnement et du travail, rapport interne, juillet 2022 (actualisé 12/2022)
- Ministère fédéral de l'alimentation et de l'agriculture ; rapport sur les récoltes 2022 ([BMEL - Ackerbau - Erntebericht 2022](#))

- Communiqué de presse du Ministère de l'environnement de NRW : [Klimakrise wird gravierende Folgen für Mensch, Umwelt und Infrastruktur haben](#)
- LANUV NRW : Hydrologischer Status [12.08.2022](#) und [31.08.2022](#)
- Évaluation par le gouvernement de Basse-Franconie de données du ministère bavarois de l'alimentation, de l'agriculture, de la sylviculture et du tourisme.
- Rapport de la BfG „[Niedrigwassersequenz 2015 bis 2018](#)“
- NIWIS:
https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/1_Portale_Dienste/NIWIS/niwis_node.html
- Plan d'action « Étiages du Rhin" [8-Punkte-Plan gegen Situation d'étiage im Rhein \(VCI\)](#)

FR :

- Information de la délégation française au sein du GE LW (CIPR, interne)
- Portail d'information sur les restrictions d'eau en période de sécheresse :
<https://vigueau.gouv.fr/>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/le-conseil-dadministration-adopte-un-plan-daides-special-secheresse>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/plan-daides-special-secheresse-une-rallonge-de-10-meu>

LUX :

- Information de la délégation luxembourgeoise au sein du GE LW (CIPR, interne)
- <https://eau.gouvernement.lu/dam-assets/publications/2024/rapport-dactivit-2022.pdf>
- https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes_actualites/communiques/2022/08-aout/04-vigilance-eau-potable.html
- https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes_actualites/communiques/2022/08-aout/10-effets-secheresse-rivieres-ruisseaux.html
- <https://environnement.public.lu/fr/actualites/2022/06/secheresse.html>

NL :

- Information de la délégation néerlandaise au sein du GE LW (CIPR, interne)
- [Deltaplan Eau douce](#)

CCNR :

- Information/contribution de la CCNR (observatrice au sein du GE LW) :
- https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/Act_now_3_0_fr.pdf

CHR :

- ASG II: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/schnee-und-gletscherschmelze-im-rhein-asg-ii-2018-2021>
- SES: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/sozio-oekonomische-szenarien-ses-2018-2025>
- Inventory of impacts of cooling water consumption by power plants within the Rhine Basin: <https://www.chr-khr.org/en/publication/inventory-impacts-cooling-water-consumption-power-plants-within-rhine-basin>

CIPMS :

- <http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/2000124/>

IGKB :

- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Der Klimawandel heizt dem Bodensee ein“ (18.08.2022): <https://www.igkb.org/die-ikgb/news-detail/der-klimawandel-heizt-dem-bodensee-ein-18-08-2022>
- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Den Klimawandel meistern“ (10.11.2022): <https://www.igkb.org/die-ikgb/news-detail/den-klimawandel-meistern-10-11-2022>
- Jahresbericht: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 45 (2022-2023): https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/Downloads/Publikationen/45_gb45gesamtbericht.pdf

UE (European Drought Observatory – EDO, en anglais) :

- Link to EDO drought reports for the year 2022:
 - General links:
 - https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2022
 - <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/drought> ,
<https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>
 - Sub-reports:
 - Toreti, A., Bavera, D., Avanzi, F., Cammalleri, C., De Felice, M., De Jager, A., Di Ciollo, C., Gabellani, S., Gardella, M., Leoni, P., Maetens, W., Magni, D., Manfron, G., Masante, D., Mazzeschi, M., McCormick, N., Naumann, G., Niemeyer, S., Rossi, L., Seguini, L., Spinoni, J. and Van Den Berg, M., *Drought in Europe - April 2022*, EUR 31065 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-52327-7, doi:10.2760/40384, JRC129395.
 - Toreti, A., Masante, D., Acosta Navarro, J., Bavera, D., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essendorfer, A., Maetens, W., Magni, D., Mazzeschi, M., Spinoni, J. and De Felice, M., *Drought in Europe July 2022*, EUR 31147 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-54953-6, doi:10.2760/014884, JRC130253.
 - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essendorfer, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Drought in Europe August 2022*, EUR 31192 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55855-2, doi:10.2760/264241, JRC130493.
 - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essendorfer, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Water scarcity in the Netherlands August 2022*, EUR 31176 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55620-6, doi:10.2760/41027, JRC130436.
- Link to EDO drought reports for the year 2023: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2023
- Current drought situation:
 - https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/current-drought-situation-europe_en
 - <https://drought.emergency.copernicus.eu/>
 - <https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/>
- Rossi, L., Wens, M., De Moel, H., Cotti, D., Sabino Siemons, A., Toreti, A., Maetens, W., Masante, D., Van Loon, A., Hagenlocher, M., Rudari, R., Naumann, G., Meroni, M., Avanzi, F., Isabellon, M. and Barbosa, P., *European Drought Risk Atlas*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/33211, JRC135215.

Médias/presse/internet :

- Emanuele Bevacqua, Oldrich Rakovec, Dominik L. Schumacher, Rohini Kumar, Stephan Thober, Luis Samaniego, Sonia I. Seneviratne, and Jakob Zscheischler: Direct and lagged climate change effects intensified the 2022 European drought. *Nature Geoscience* <https://www.nature.com/articles/s41561-024-01559-2> (Dürre 2022: Welchen Anteil hatte der Klimawandel?)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/prognose-niedrigwasser-rhein-2022-100.html>
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/niedrigwasser-auf-rhein-folgen-fuer-rlp-wirtschaft-100.html>
- <https://www.dw.com/de/rhein-niedrigwasser-belastet-wirtschaft-immer-mehr/a-62723111>
- <https://www.dw.com/de/trockenheit-niedrigwasser-am-rhein-schadet-wirtschaft/a-62528630>
- <https://www.dw.com/de/d%C3%BCrre-niederlande-setzen-notfallplan-in-gang/a-62699934>
- <https://www.dw.com/de/niedrigwasser-im-rhein-bremst-konjunktur/a-66155570>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Dürre_und_Hitze_in_Europa_2022
- https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltauswirkungen_der_COVID-19-Pandemie
- <https://www.rnd.de/wirtschaft/trockenheit-in-deutschland-das-niedrigwasser-im-rhein-gefaehrdet-kohlekraftwerke-NSYQHFXV3BE4RM764XV2NWTG5M.html>
- https://www.focus.de/finanzen/news/konjunktur/wichtigste-wasserstrasse-milliarden-verluste-niedrigwasser-im-rhein-bedroht-jetzt-industrie-in-deutschland_id_131868851.html
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren>
- Institut der deutschen Wirtschaft (IW): <https://www.iwkoeln.de/studien/michael-groemling-tobias-hentze-holger-schaefer-eine-oekonomische-bilanz-nach-zwei-jahren.html>
- [Kreuzfahrt Aktuelles](#)
- [Reise vor9](#)
- <https://www.f2wald.org/>
- [Karlsruhe Insider](#)
- [BR.de](#)