

Le bassin du Rhin face au changement climatique

Par Adrian SCHMID-BRETON

Collaborateur scientifique à la Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR)

La Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR), organisation intergouvernementale fondée en 1950 et regroupant huit États situés dans le bassin du Rhin ainsi que l'Union européenne, travaille depuis 2007 sur la thématique du changement climatique dans un contexte transfrontalier. Elle a réalisé des études sur les répercussions possibles du changement climatique sur le régime des eaux, la température de l'eau et l'écologie. Sur la base de scénarii de débit pour le futur proche (jusqu'en 2050) et le futur éloigné (jusqu'en 2100), la CIPR a mis au point en 2015 une stratégie d'adaptation au changement climatique qui sera remise à jour d'ici 2025 selon le programme « Rhin 2040 ». Les principales répercussions négatives du changement climatique ainsi que l'action de la CIPR face à elles sont décrites dans cet article.

La stratégie d'adaptation au changement climatique de la CIPR

Sous l'impulsion du quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007) et des effets déjà perceptibles du changement climatique, les ministres en charge de l'environnement des États du bassin du Rhin ont mandaté en 2007 la CIPR pour traiter le thème de l'adaptation au changement climatique (CIPR, 2007). Le travail a été mené par un groupe d'experts idoine comprenant des représentants des administrations et instituts nationaux – mais aussi des observateurs tels des ONG – qui a publié en 2011 une étude de scénarios (CIPR, 2011) fondée en grande partie sur une étude multi-modèles de la Commission pour l'hydrologie du Rhin (CHR, 2010) et unique en Europe. L'étude donne des marges de changements pour :

- divers paramètres hydrologiques (exemple : débits moyens, de crues et d'étiages) ;
- l'avenir proche (2050) et éloigné (2100) ;
- les échelles représentatives du Rhin et de ses principaux affluents.

En 2014, la CIPR a analysé l'évolution des températures passées et futures de l'eau du Rhin puis les impacts potentiels des répercussions du changement climatique sur les enjeux humains et environnementaux. Des actions d'adaptation ont été définies (cf. chapitre *infra* de cet article La stratégie d'adaptation au changement climatique de la CIPR) et l'ensemble des travaux cités ont débouché en 2015 sur la première stratégie d'adaptation au changement climatique (SACC) du bassin du Rhin (CIPR, 2015).

Le programme Rhin 2040, décidé par la Conférence ministérielle de 2020 a pour objectif un bassin rhénan

résilient aux impacts du changement climatique (CIPR, 2020a+b+c) et prévoit d'ici fin 2025 l'actualisation des projections de débits et de température de l'eau, des effets sur la qualité de l'eau et l'écosystème ainsi que de la première SACC. Un atelier préparatoire de la CIPR, associant divers acteurs (par exemple : navigation, agriculture), visera l'harmonisation des stratégies respectives. Ensuite, la SACC est à actualiser tous les 10 ans.

Effets du changement climatique dans le bassin du Rhin

Par rapport à la période de référence 1961-1990, les évolutions futures suivantes sont attendues (CIPR, 2011, 2015 et 2020b) :

- crues plus fréquentes (par exemple : hausse maximale de 20 % des débits hivernaux d'ici 2050) et recrudescence de précipitations intenses et de crues soudaines (par exemple : catastrophe de juillet 2021 en Allemagne, aux Pays-Bas et en Région wallonne) ;
- étiages plus fréquents et prolongés (par exemple : baisse maximale de 10 % des débits estivaux d'ici 2050 et étiages extrêmes en 2003, 2018 et 2022) ;
- hausse des températures des eaux de surface ;
- changements dans la recharge des nappes souterraines.

Ces évolutions – résumées dans le tableau page suivante – sont plus modérées d'ici 2050 et beaucoup plus marquées d'ici 2100 (CIPR 2015 et 2020b).

En outre, les résultats récents de la CHR (CHR, 2022) montrent que la contribution au régime du Rhin due à la fonte des neiges et des glaciers (pouvant atteindre pour ces derniers environ 20 % du débit en aval du Rhin lors

a.	Une hausse des températures de l'air de l'ordre de +2 °C à +4 °C est attendue d'ici 2100, celle estimée d'ici 2050 devant être de +1 °C à +2 °C						
b.	Pendant l'hiver hydrologique, on attend pour le régime des eaux : <table border="1"> <tr> <td></td> <td>une intensification des précipitations en hiver</td> </tr> <tr> <td></td> <td>une augmentation des débits</td> </tr> <tr> <td></td> <td>une fonte précoce de la neige/de la glace/du permafrost, décalage de la limite des chutes de neige</td> </tr> </table>		une intensification des précipitations en hiver		une augmentation des débits		une fonte précoce de la neige/de la glace/du permafrost, décalage de la limite des chutes de neige
	une intensification des précipitations en hiver						
	une augmentation des débits						
	une fonte précoce de la neige/de la glace/du permafrost, décalage de la limite des chutes de neige						
c.	Pendant l'été hydrologique, on attend pour le régime des eaux : <table border="1"> <tr> <td></td> <td>une baisse des précipitations (mais risque de fortes précipitations plus fréquentes en été)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>une baisse des débits</td> </tr> <tr> <td></td> <td>une augmentation des périodes d'étiage</td> </tr> </table>		une baisse des précipitations (mais risque de fortes précipitations plus fréquentes en été)		une baisse des débits		une augmentation des périodes d'étiage
	une baisse des précipitations (mais risque de fortes précipitations plus fréquentes en été)						
	une baisse des débits						
	une augmentation des périodes d'étiage						
d.	Une augmentation des crues de petite et de moyenne ampleur et une hausse des débits de pointe de crues rares sont concevables, mais leur ordre de grandeur n'est pas quantifiable avec la fiabilité requise.						
e.	Pour la température de l'eau, on estime que les températures élevées de l'air feront monter les températures de l'eau (notamment en période de faible débit) et que le nombre de jours de dépassement des seuils de 25 °C et de 28 °C augmentera sensiblement à l'horizon 2050 et à l'horizon 2100.						

d'étiages) va être fortement diminuée au XXI^e siècle entraînant plus fréquemment des étiages extrêmes comparables à 2003 ou 2018.

L'adaptation au changement climatique façon CIPR

Des principes fondamentaux sous-tendent la première SACC :

- prise en compte des impacts transfrontaliers, des spécificités régionales et importance de la coopération et solidarité entre tous les États du bassin ;
- priorité aux mesures d'adaptation souples gagnant-gagnant et sans regret (mesures utiles en tous les cas malgré d'éventuelles incertitudes) (par exemple les mesures de restauration écologique, de préservation de zones inondables) ;
- suivi des évolutions du changement climatique à intervalles réguliers.

Les chapitres suivants – et davantage le programme Rhin 2040 (CIPR, 2020c) – détaillent les actions de la CIPR de résilience du bassin du Rhin face aux effets du changement climatique pour divers objectifs :

- 1) habitats connectés et biodiversité enrichie ;
- 2) bonne qualité des eaux ;
- 3) réduction des risques d'inondation ;
- 4) maîtrise des étiages.

Aspects quantitatifs

Bien que les risques d'inondation aient pu être réduits le long du Rhin depuis la dernière crue importante de 1995 (CIPR, 2020b), la gestion des risques d'inondation reste une tâche permanente, notamment au regard des effets dommageables du changement climatique. Rhin 2040 prévoit la réduction supplémentaire des risques d'inondation d'au moins 15 % d'ici 2040 par rapport à 2020 grâce à des mesures coordonnées, combinées et mises en œuvre nationalement (cf. Plan international de gestion des risques d'inondation du bassin du Rhin – PIGRI, prévus par la directive inondation de l'Union européenne – UE ; CIPR, 2021). Le PIGRI mais également la SACC et Rhin 2040 requièrent la construction de mesures de rétention de crues (par exemple : bassins de rétention, recul de digues) et la préservation d'espaces supplémentaires de rétention le long du Rhin et de ses affluents. La conscience et la prévention individuelle du risque d'inondation sont à renforcer par différents moyens de sensibilisation (par exemple : Atlas du Rhin de la CIPR ; CIPR, 2020d). L'amélioration continue de la prévision et l'annonce de crues, sur laquelle les services nationaux compétents s'entretiennent annuellement au sein de la CIPR, ainsi que l'échange transfrontalier de données y afférentes font l'objet d'une attention particulière.

À titre d'exemple de bénéfices attendus, par rapport à leurs coûts, du financement de mesures de gestion des risques d'inondation (représentatives des mesures d'adaptation au changement climatique) dans le bassin rhénan, on peut noter l'investissement par les États du bassin du Rhin de plus de 14 milliards d'euros dans ces mesures depuis 1995 (CIPR, 2021). Ceci est à mettre en relation avec l'estimation par la CIPR en 2021 des dommages économiques potentiels dus à une crue extrême sur l'ensemble du cours principal du Rhin (et sans prise de mesures) à environ 76 milliards d'euros (CIPR, 2021).

En outre, les pluies intenses et inondations catastrophiques de juillet 2021 dans le bassin du Rhin ont coûté la vie à plus de 220 personnes (Wikipédia, 2023) et entraîné des dégâts matériels de plus de 40 milliards d'euros (BMUV et BMWK, 2022).

Les dommages dus aux inondations décrits ci-dessus mettent en évidence le « retour sur investissement » de mesures de gestion du risque d'inondation et donc d'adaptation au changement climatique.

Les étiages, de leurs côtés, peuvent avoir différentes répercussions sur les activités humaines et l'écosystème (cf. chapitre *infra* sur les Aspects écologiques). L'étiage du Rhin de 2018 a entraîné pour l'économie allemande une perte de plus de 2 milliards d'euros (CIPR, 2020e). La CIPR, travaillant sur cette thématique depuis 2013 par le biais d'un groupe d'expert spécifique, continue à surveiller et trouver conjointement des pistes pour prévenir les impacts négatifs des basses eaux. Sur la base d'un inventaire (CIPR, 2018), la CIPR a mis en place un système uniforme et public de surveillance des étiages du Rhin (CIPR, 2019), utilisé notamment lors de l'étiage 2018 (CIPR, 2020e). Les échanges sur les épisodes d'étiage, leurs

conséquences et les mesures correspondantes seront intensifiés à l'avenir.

Aspects qualitatifs

Les impacts des modifications du régime hydrologique et des températures de l'eau sur la qualité de l'eau sont – en temps de crues ou de précipitations intenses – les accidents polluants, le charriage et l'augmentation sensible de nutriments et de polluants. Lors d'étiages, les polluants – comme ceux issus des eaux usées – sont concentrés dans le cours d'eau. Des problèmes de salinité peuvent apparaître dans le delta du Rhin. La température est également un paramètre important pour la qualité de l'eau. En effet, en cas d'étiage et de températures élevées, les substances se comportent très différemment et peuvent, par manque de dilution, entraîner des dommages écologiques importants (exemple : mortalité piscicole en 2022 sur l'Oder).

L'amélioration de la qualité de l'eau est une tâche historique de la CIPR et de grands succès ont eu lieu principalement grâce aux efforts communs des États et du secteur privé dans le traitement des eaux usées depuis 1970. La directive cadre Eau de l'UE, incarnée dans le bassin du Rhin par le Plan international de gestion des eaux (CIPR, 2022a), vise le bon état chimique et écologique de toutes les eaux superficielles et souterraines. Le Plan international de gestion des eaux fait l'inventaire de l'état des eaux et compile les mesures retenues par les États. Celles-ci présentent un fort caractère « gagnant-gagnant » pour les Hommes et la Nature. Rhin 2040 stipule que face aux conséquences négatives du changement climatique, le Rhin doit rester une ressource utilisable pour la production d'eau potable. Les apports de nutriments dans les eaux de surface et les eaux souterraines doivent continuer à baisser. Il s'agit entre autres de réduire, en 2040 et par rapport à 2018, d'au moins 30 % les apports de micropolluants provenant des eaux usées urbaines et issues des activités industrielles et agricoles. Afin de vérifier régulièrement cet objectif de réduction, la CIPR vient de publier un système d'évaluation et de monitoring pour les micropolluants unique en Europe (CIPR, 2023a). Toute aussi innovante est la méthodologie déjà appliquée par des stations de mesure le long du Rhin et le projet LIFE EU, piloté par la CIPR jusqu'en 2024, appelés « Non Target Screening » (NTS). Le NTS permet de détecter un très large spectre de substances non surveillées dans le cadre de la protection de l'environnement.

En ce qui concerne les pollutions accidentelles, la CIPR est dotée depuis longtemps d'un ingénieux « Plan international d'Avertissement et d'Alerte » des services riverains (CIPR, 2023b). Au travers de la mise en œuvre du Plan CIPR de gestion des sédiments, en cours de remaniement, la qualité des sédiments du Rhin doit en outre continuer à s'améliorer et les apports de déchets, notamment plastiques, sont à réduire sensiblement.

Aspects écologiques

Ajouté aux pressions causées par les multiples impacts anthropiques existants - et le bassin du Rhin caracté-

risé par une densité élevée de population et d'activités industrielles et agricoles n'en fait pas défaut – le changement climatique constitue un facteur supplémentaire de stress pour la plupart des organismes des écosystèmes aquatiques. En période d'étiage, la concentration dans les cours d'eau d'agents pathogènes et de contaminants chimiques peuvent s'accroître et la température de l'eau et la consommation d'oxygène augmenter simultanément. Pour la faune et la flore, la température est primordiale car elle règle entre autres la reproduction, la croissance, le développement et la migration. Les organismes à sang froid (poissons, macro-invertébrés) sont particulièrement touchés (CIPR, 2015). Des températures de l'eau en hausse modifient la composition et la répartition des espèces en favorisant les espèces non endémiques.

Sur les vingt dernières années on relève une amélioration claire et durable du milieu rhénan (CIPR, 2020b). Cependant, pour rendre l'écosystème plus résilient aux impacts du changement climatique, la CIPR travaille à rétablir la continuité écologique du Rhin, axe principal pour la circulation des poissons migrateurs, et de ses principaux affluents depuis l'embouchure jusqu'aux chutes du Rhin (cf. CIPR, 2018a, 2020b+c) ainsi que les habitats typiques du Rhin, refuges pour l'écosystème aquatique en phase d'étiage, de hautes températures de l'eau ou d'assèchement de petits cours d'eau. Ces biotopes, bénéficiant également à la réduction des risques d'inondation (par exemple les bassins de rétention avec inondations écologiques, cf. le chapitre *supra* sur les Aspects quantitatifs) et au réapprovisionnement des eaux souterraines, doivent être conservés, élargis et reconnectés les uns aux autres (exemple : Atlas des biotopes de la CIPR ; CIPR, 2020f et 2022b). Des programmes nationaux tels que le « Plan Rhin vivant » en France s'y attèlent. En toile de fond, il convient par ailleurs de réduire les effets négatifs des usages de l'eau, en particulier ceux des rejets thermiques, sur les conditions de température et d'oxygénation des eaux et la qualité de l'eau doit être maintenue voire améliorée (cf. le chapitre *supra* sur les Aspects qualitatifs). De ce fait, les États limitent les prélèvements d'eau de refroidissement en cas de températures anormalement élevées.

Conclusion

La CIPR, par les actions coordonnées et solidaires des États rhénans, d'amélioration de la qualité de l'eau, de l'écosystème, de la réduction des risques d'inondation et d'étiage, renforcées par les directives européennes, Rhin 2040 mais aussi la SACC, est armée face aux répercussions négatives du changement climatique. Par ce biais, les travaux de la CIPR ont nourri et nourrissent actuellement les stratégies de l'UE en matière de gestion transfrontalière de l'eau.

Bibliographie

GIEC (2007), « Bilan 2007 des changements climatiques », quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

CIPR (2007), « Communiqué de la 14^e Conférence ministérielle sur le Rhin ».

CIPR (2011), « Étude de scénarios sur le régime hydrologique du Rhin », Rapport n°188.

CIPR (2015), « Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le DHI Rhin », Rapport n°219.

CIPR (2018a), « Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin 2018 », Rapport n°247.

CIPR (2018b), « Inventaire des conditions et des situations d'étiage sur le Rhin », Rapport n°248.

CIPR (2019), « Surveillance des étiages du Rhin et de son bassin par la CIPR », Rapport n°261, repéré à <https://www.iksr.org/fr/themes/etiage/monitoring-des-etriages> ou https://undine.bafg.de/vorschau/rhein/zustand-aktuell/rhein_nw_mon_fr.html (lien direct).

CIPR (2020a), « Communiqué de la 16^e Conférence ministérielle sur le Rhin ».

CIPR (2020b), Brochure « Bilan Rhin 2020 – Synthèse ».

CIPR (2020c), Programme « Rhin 2040. Le Rhin et son bassin : un milieu géré durablement et résilient aux impacts du changement climatique », repéré à https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Broschueren/FR/bro_Fr_2040_longue.pdf (programme complet) et https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Broschueren/FR/bro_Fr_2040_courte.pdf (courte brochure)

CIPR (2020d), « Atlas du Rhin », repéré à <https://www.iksr.org/fr/reactions-publiques/documents/archive/cartes/atlas-du-rhin/> ou <https://geoportal.bafg.de/karten/atlas-du-rhin/> (lien direct).

CIPR (2020e), « Rapport sur l'épisode d'étiage de juillet-novembre 2018 », Rapport n°263.

CIPR (2020f), « Atlas des biotopes 2020 de la CIPR », repéré à <https://www.iksr.org/fr/themes/ecologie/reseau-de-biotopes> ou https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/index.html?locale=fr (lien direct).

CIPR (2021), « Plan international de gestion des risques d'inondation (PIGRI) pour le DHI Rhin (partie A : bassins > 2 500 km²) (période allant de 2022 à 2027) ».

CIPR (2022a), « Plan de gestion 2022-2027 coordonnés au niveau international du DHI Rhin (partie A = partie faîtière) ».

CIPR (2022b), « Développement de la méthode et résultats du monitoring du réseau de biotopes sur le Rhin 2020 », Rapport n°284/284a.

CIPR (2023a), « Réduction des micropolluants dans le bassin du Rhin – Système de surveillance et d'évaluation », Rapport n°287.

CIPR (2023b), Informations sur le « Plan international d'Avertissement et d'Alerte 'Rhin' », repéré à <https://www.iksr.org/fr/themes/pollutions/plan-international-davertissement-et-dalerte>

CHR (2010), "Assessment of climate change impacts on discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 project", K. GÖRGEN *et al.*, CHR report I-23.

CHR (2022), "Impact of climate change on the rain, snow and glacier melt components of streamflow of the river Rhine and its tributaries", K. STAHL *et al.*, CHR report I-28.

BMUV et BMWK (2022), Gemeinsame Pressemitteilung Nr. 101/22 (18.07.2022), "Hitze, Dürre, Starkregen: Über 80 Milliarden Euro Schäden durch Extremwetter in Deutschland", repéré à <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/hitze-duerre-starkregen-ueber-80-milliarden-euro-schaeden-durch-extremwetter-in-deutschland>

Wikipédia (2023), Article sur les inondations de 2021, 31.08.2023, repéré à https://de.wikipedia.org/wiki/Hochwasser_in_West-_und_Mitteleuropa_2021