



Document de réflexion

« Act now ! » consacré aux basses eaux et à leur impact sur la navigation rhénane

Édition 3.0 du 27 octobre 2023

Auteurs et contributeurs

Auteurs :

- Kai KEMPMANN, Administrateur chargé de l'infrastructure et de l'environnement, Secrétariat de la CCNR
- Laure ROUX, Administratrice en charge des questions économiques, Secrétariat de la CCNR
- Raphaël WISSELMANN, Ingénieur en chef, Secrétariat de la CCNR

Contributeurs :

- Heinz AMACKER, Danser Switzerland AG
- Jörg Uwe BELZ, BfG, pour le compte de la CHR
- Benoît BLANK, BASF SE
- Marleen BUITENDIJK, conseillère politique Eau et Infrastructure, pour le compte de l'OEB
- Ir. Wytze DE BOER, MBA, chef de projet principal Bateaux, Transport et Navigation, MARIN
- Gerd DEIMEL, c2i Consulting to Infrastructure, pour le compte de VCI-NRW
- Frédéric DOISY, Port de Strasbourg
- Benjamin FRIEDHOFF, DST
- Markus GREWE, WSV, président du Comité IEN, Commissaire auprès de la CCNR
- Thomas GROSS, Hülskens Wasserbau, pour le compte de VBW
- Theresia HACKSTEINER, Plateforme IWT
- Michael HEINZ, WSV, Commissaire auprès de la CCNR
- Kathrin HÜLSWITT, thyssenkrupp Steel Europe AG
- Gunther JAEGERS, Reederei Jaegers Group, pour le compte de l'UENF
- Norbert KRIEDEL, administrateur chargé des statistiques et de l'observation du marché, Secrétariat de la CCNR
- Thomas MAASSEN, Rhenus Logistics
- Marta MARTIN, Port of Switzerland
- Enno NILSON, BfG
- Michael SCHREUDER, conseiller en navigation intérieure, RWS
- Anne SCHULTE-WÜLWER-LEIDIG, CIPR
- Joachim SCHÜRINGS, thyssenkrupp Steel Europe AG
- Ivo TEN BROECKE, RWS, Commissaire auprès de la CCNR
- Judith ter Maat, Delatres, pour le compte de la CHR
- Philip TOMASKOWICZ, chef du service navigation, Rhenus PartnerShip
- Michiel VAN DEN BERGH, WWF
- Niels VAN STEENBERGEN, De Vlaamse Waterweg, délégation belge auprès de la CCNR
- Cok VINKE, directeur général, Contargo Waterway Logistics BV
- Joachim ZÖLLNER, DST, pour le compte de IWT Platform

Résumé et principales conclusions du présent rapport

En novembre 2019, après l'épisode de basses eaux de 2018 et dix ans après un premier atelier intitulé « Navigation rhénane et changement climatique », la CCNR a organisé un atelier sur les basses eaux et leur impact sur la navigation rhénane.

Pendant les longues périodes d'étiage extrême, il devient difficile d'assurer la continuité du transport par voie navigable intérieure. Les conséquences économiques de cette situation sont néfastes. Bien que les épisodes de basses eaux ne soient pas nouveaux et ne constituent pas, en tant que tels, un phénomène exceptionnel, la vulnérabilité du transport par voie navigable intérieure aux basses eaux a augmenté.

Cette conjoncture résulte de plusieurs facteurs, à la fois internes et externes à la navigation intérieure. Des conditions météorologiques extrêmes peuvent limiter l'efficacité de la navigation sur les voies navigables intérieures à court terme, tandis qu'à long terme, elles pourraient influencer sur les choix modaux des chargeurs. Avec le changement climatique, ce phénomène pourrait s'avérer encore plus fréquent et plus grave à l'avenir. En outre, au cours des dernières décennies, la flotte rhénane a changé ; la taille et le tirant d'eau des bateaux chargés ont augmenté de manière significative. Parallèlement, l'intégration dans les chaînes logistiques de l'industrie, le principe du « juste à temps » et les exigences élevées en termes de fiabilité des transports posent des défis majeurs au transport fluvial. Pourtant, la navigation intérieure a un rôle primordial à jouer dans la réalisation des objectifs ambitieux de report modal et de réduction des émissions qui ont été fixés au niveau international pour le secteur des transports, notamment dans la Déclaration de Mannheim et le Pacte vert de l'UE. Le transport par voie navigable restera également indispensable à l'avenir, notamment pour le transport de gros volumes de fret ou pour le transport de marchandises lourdes et volumineuses, d'où la nécessité urgente de relever ce défi.

En 2019, il a été conclu que, malgré l'absence de solution « universelle » (« one size fits all » solution) aux défis posés par les basses eaux, auxquels doit faire face le secteur de la navigation intérieure, il existe de nombreuses solutions pour faire face à ces enjeux. Une série de mesures doivent être prises en ce qui concerne l'adaptation des concepts de flotte, d'infrastructure, de logistique et de stockage, ainsi que la mise en œuvre d'outils numériques, afin de garantir que la navigation intérieure reste un mode de transport fiable. La majorité des mesures requises sont déjà bien connues et des solutions existent, mais il est à présent temps de faire un premier pas vers leur mise en œuvre. Pour ce faire, les acteurs clés de la navigation intérieure s'accordent à reconnaître que des subventions ou autres modes de financement doivent être mis à disposition. Une autre conclusion majeure de cet atelier a été la nécessité de disposer d'une plateforme pour faciliter l'intensification du dialogue entre les organisations professionnelles, logistiques, politiques et environnementales concernées. La CCNR est apparue comme la plateforme naturelle pour organiser des échanges de vues concernant le Rhin. C'est ainsi que l'idée du processus « Act Now! » est née. C'est dans ce cadre qu'a été publié, en 2020, le document de réflexion « Act Now! », complété en 2021 par un inventaire des projets pertinents.

Quatre ans plus tard, en janvier 2023, la CCNR a organisé un atelier de suivi qui a conduit à la publication de cette troisième édition du document de réflexion « Act Now! ». Au cours de l'atelier de suivi, ont été exprimés de grands espoirs concernant la possibilité de pouvoir s'attaquer aux phénomènes des basses eaux. Cet atelier tombait à point nommé étant donné que l'épisode de basses eaux de 2022 rappelait une nouvelle fois le caractère urgent que revêtait ce phénomène ancestral aux conséquences majeures.

Aujourd'hui, on peut observer des incidences tangibles de ces phénomènes de basses eaux sur le secteur de la navigation intérieure, en particulier le risque très élevé d'un report modal inversé ou une plus grande réticence de certains chargeurs à avoir recours au transport fluvial. Cela étant, des mesures concrètes ont déjà été prises par certains d'entre eux. Dans le même temps, l'entretien et le développement des voies navigables intérieures sont mis sous pression, étant donné que la nouvelle législation environnementale, ainsi que la nécessité de partager l'eau disponible de façon équitable avec d'autres utilisateurs et pour d'autres utilisations, doivent être pris en compte.

Pour accroître la résilience du secteur de la navigation intérieure par rapport aux phénomènes de basses eaux, un ensemble de mesures complémentaires doit être mis en œuvre, sous la forme de quatre leviers principaux :

- Outils numériques : des progrès ont été réalisés en ce qui concerne les outils de prévisions du niveau d'eau du Rhin. L'administration allemande met ainsi à disposition des prévisions à 4 et 14 jours, pour certaines échelles rhénanes pertinentes pour la navigation, ces prévisions pouvant aller jusqu'à 6 semaines pour certaines d'entre elles. D'autres améliorations sont possibles avec, par exemple, des prévisions à plus long terme ou plus précises. D'autres outils numériques peuvent encore être développés, tels que des projections du débit et des niveaux d'eau sur 100 ans ou le développement de doubles numériques des voies d'eau permettant de proposer des itinéraires fluviaux alternatifs en fonction de l'épisode de basses eaux.
- Infrastructures : ces mesures doivent être envisagées dans une perspective à moyen terme. Elles revêtent cependant une importance majeure compte tenu de la sensibilité du Rhin moyen aux basses eaux. L'ensemble de mesures du plan d'action « Basses-eaux du Rhin » (« Niedrigwasser Rhein »), qui a été lancé en Allemagne en 2019, inclut également des mesures dans le domaine de l'infrastructure pour le secteur du Rhin moyen et inférieur. En raison de l'urgence de la situation, les autorités allemandes ont aussi créé une commission chargée d'accélérer le projet de suppression des goulots d'étranglement le long du Rhin moyen. Aux Pays-Bas, le développement des voies d'eau est abordé dans l'« Integrated River Management Programme ».
- Adaptation des bateaux : les opérateurs et les chargeurs de la navigation intérieure manifestent un grand intérêt pour les projets de recherche concernant la navigation en période de basses eaux. Les investissements dans la construction de nouveaux bateaux spécialisés, capables de naviguer dans des conditions de basses eaux ont également augmenté. Le défi consiste à développer des bateaux innovants, capables de naviguer pendant les basses eaux, mais dont l'utilisation reste viable sur le plan économique, y compris dans des conditions d'hydraulicité différentes. Le financement public est important à cet égard, comme en Allemagne et en France où de telles possibilités de financement existent aussi en ce qui concerne la modernisation de bateaux existants.
- Mesures au niveau des chargeurs et de la logistique : ces mesures peuvent inclure des contrats d'affrètement sur des durées longues, avec des opérateurs disposant de barges qui peuvent encore naviguer lorsque les niveaux d'eau sont bas, l'optimisation de la manutention, une capacité de stockage supplémentaire et des processus de communication bien préparés, l'ajout de barges à un convoi poussé pendant les périodes de basses eaux pour pouvoir transporter des volumes équivalents répartis sur un nombre supérieur de barges, ou un report à court terme vers d'autres modes.

À nouveau en 2023, le besoin d'un dialogue renforcé entre les acteurs clés au sujet des futures mesures d'adaptation aux basses eaux ainsi qu'une coopération transfrontalière forte entre les États membres ont été confirmés. En effet, tout comme il n'existe pas de solution « universelle » (« one size fits all » solution), il n'existe pas non plus d'acteur unique capable de résoudre à lui seul tous les problèmes. Il est donc important d'encourager les initiatives privées et publiques et de catalyser les actions collaboratives. Pour soutenir et encourager un tel dialogue, la CCNR continuera d'organiser à intervalles réguliers ces « échanges de vues sur les basses eaux » au cours des années à venir.

Mention légale

Le document a été préparé par le Secrétariat de la CCNR. **Il ne reflète cependant que les vues des experts ayant participé aux différents ateliers.** La CCNR, le Secrétariat de la CCNR ou toute autre personne agissant au nom de la CCNR déclinent toute responsabilité quant à l'utilisation des informations contenues dans ce rapport.

Liste des abréviations

B

BAW	Bundesanstalt für Wasserbau (Institut fédéral allemand des ouvrages hydrauliques) (DE)
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde (Institut fédéral allemand d'hydrologie) (DE)
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Ministère fédéral allemand du numérique et des transports) (DE)

C

CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek (Bureau central des statistiques des Pays-Bas) (NL)
CHR	Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin
CIPR	Commission internationale pour la Protection du Rhin

D

DAS	Deutsche Anpassungsstrategie (Stratégie allemande d'adaptation au changement climatique)
DCE	Directive cadre relative à l'eau

E

EDF	Électricité de France (FR)
EVP	Équivalent Vingt Pieds (unité de mesure pour l'enregistrement de conteneurs)

G

GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (Direction générale des voies d'eau et de la navigation) (DE)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIQ	Gleichwertige Abfluss (débits équivalents)
GIW	Gleichwertiger Wasserstand (étiage équivalent)

O

OEB	Organisation européenne des bateliers
-----	---------------------------------------

R

RWS	Rijkswaterstaat (NL)
-----	----------------------

S

SIF	Services d'Information Fluviale
-----	---------------------------------

U

UENF	Union Européenne de la Navigation Fluviale
------	--

V

VNF	Voies navigables de France (FR)
-----	---------------------------------

W

WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (DE)
-----	--

Table des matières

1.	Introduction	8
1.1.	Informations générales.....	8
1.2.	Hydrologie et effets futurs du changement climatique.....	9
1.3.	Morphologie	13
1.4.	Transport par navigation intérieure	14
1.5.	Point clés transversaux.....	16
2.	Flotte	17
2.1.	Impacts.....	17
2.2.	Solutions	23
3.	Chargeurs et industrie.....	28
3.1.	Impacts.....	28
3.2.	Solutions	31
4.	Infrastructure physique	34
4.1.	Impacts.....	34
4.2.	Solutions	36
5.	Outils numériques et services d'information	38
6.	Conclusions et prochaines étapes	45

1. Introduction

La première édition de ce document de réflexion était un recueil de déclarations et d'informations partagées lors de l'atelier de la CCNR consacré aux basses eaux et à leur impact sur la navigation sur le Rhin, qui s'est tenu le 26 novembre 2019 à Bonn (Allemagne).

En 2020, la CCNR a décidé d'étendre le chapitre 5 consacré aux « prochaines étapes » en y ajoutant un inventaire des mesures/projets en cours qui sont destinés à aider la navigation intérieure à surmonter les défis liés aux basses eaux. La deuxième édition de ce document de réflexion a été validée au début de l'année 2021 par les comités compétents en vue de sa publication sur le site internet de la CCNR.

Quatre ans plus tard, le 18 janvier 2023, la CCNR a organisé un atelier de suivi sur les « Périodes de basses eaux et leur impact sur la navigation rhénane » afin de faire le point sur les progrès réalisés depuis 2019. La diversité des parties prenantes a permis de recueillir de précieuses contributions qui ont aidé la CCNR à améliorer et mettre à jour le document de réflexion « Act now ! ».

La troisième édition du document de réflexion « Act Now! » tient compte des résultats de l'atelier sur les basses eaux de 2019 et de l'atelier d'experts de suivi de 2023.

Après avoir défini le contexte (chapitre 1), ce document examine l'impact des basses eaux sur la flotte (chapitre 2), les chargeurs et la logistique (chapitre 3), les infrastructures (physique et numérique) et l'environnement (chapitre 4). Il présente également quelques solutions envisageables pour l'avenir (chapitre 5).

Les compléments ajoutés par rapport à la deuxième édition sont surlignés en orange.

1.1. Informations générales

Au lendemain de l'épisode d'étiage extrême survenu en 2018, la CCNR a décidé d'organiser un atelier sur les basses eaux en coordination avec la Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR) et la Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin (CHR). En plus de ces deux organisations internationales, 150 participants, dont des représentants des administrations nationales des voies navigables, des ports et terminaux, des associations du secteur de la navigation et des chargeurs, des associations environnementales, des bureaux d'études et des commissions fluviales y ont pris part. Neuf présentations ont été faites et 11 intervenants ont partagé leurs points de vue sur les basses eaux et discuté des défis auxquels la navigation rhénane est confrontée aujourd'hui. L'objectif de l'atelier était d'aider la navigation intérieure à surmonter les défis liés au phénomène des basses eaux et de stimuler la discussion sur les stratégies d'adaptation. L'atelier a pu compter sur la participation active d'intervenants de haut niveau issus de l'industrie, de l'administration, des commissions fluviales, des universités et des instituts de recherche de six pays européens, ainsi que de représentants de la Commission européenne. La diversité des participants a donné lieu à des échanges sur les défis posés par les basses eaux, étayés par des perspectives différentes, et a créé une occasion unique d'explorer les points de vue d'un large éventail d'acteurs clés de la navigation intérieure.

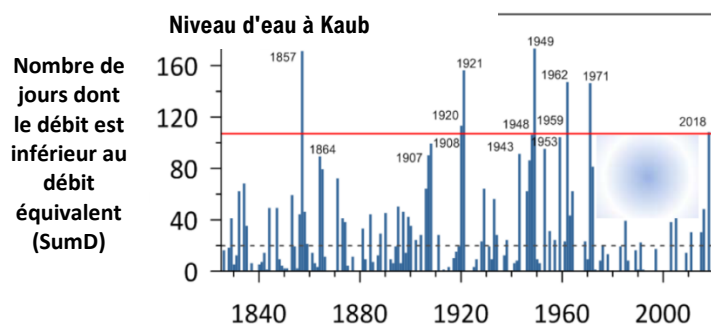
En 2023, le besoin d'un dialogue renforcé entre les acteurs clés au sujet des futures mesures d'adaptation aux basses eaux ainsi qu'une coopération transfrontalière forte entre les États membres ont à nouveau été confirmés. En effet, tout comme il n'existe pas de solution « universelle », il n'existe pas non plus d'acteur unique capable de résoudre à lui seul tous les problèmes. Il est donc important d'encourager les initiatives privées et publiques et de catalyser les actions collaboratives. Des événements tels que l'atelier de la CCNR permettent de mieux comprendre ces nombreux défis et sont l'occasion d'échanger des vues à partir de différentes perspectives et de développer des visions communes. Pour soutenir et encourager un tel dialogue, la CCNR continuera d'organiser à intervalles réguliers ces « échanges de vues sur les basses eaux » au cours des années à venir.

Dans la continuité des ateliers organisés jusqu'ici, le présent document fournit des statistiques sur les basses eaux et leur impact, un inventaire des mesures en cours et des projets à venir, ainsi que des propositions de solutions à court, moyen et long terme.

1.2. Hydrologie et effets futurs du changement climatique

Lors de l'atelier, il a été indiqué que, pour le Rhin, un épisode d'étiage, avec le débit dynamique que présentait le fleuve en 2018, n'était pas sans précédent et pourrait donc se reproduire à l'avenir. Au cours des deux derniers siècles, le Rhin a connu 15 années au cours desquelles la navigation aurait été entravée pendant un nombre comparable de jours, si s'étaient appliquées les exigences actuelles en matière d'infrastructure, dont cinq années au cours desquelles la situation aurait été encore plus critique. Certes, 14 de ces 15 années (2018 étant l'unique exception) étaient antérieures à 1972. Compte tenu de la faiblesse des débits d'étiage, et selon la classification des étiages par la CIPR¹, l'épisode qui a touché le sud du Rhin supérieur peut être qualifié de « rare » (période de retour de 15 ans), et celui survenu sur le reste du Rhin, en aval de Worms, peut être qualifié de « très rare » (période de retour de 40 ans). En ce qui concerne la durée des étiages, l'épisode qui s'est produit sur le Rhin supérieur et moyen peut être qualifié de « extrêmement rare », avec une période de retour de 50 ans, et celui survenu sur le Rhin en aval de la confluence avec la Moselle, d'épisode « extrêmement rare », avec une période de retour de 100 ans.

Par rapport à d'autres fleuves européens, le Rhin présente à ce jour un régime d'écoulement relativement équilibré. On peut s'attendre à ce que les effets du changement climatique augmentent à l'avenir, rendant les épisodes extrêmes plus graves en intensité et en fréquence. En plus des épisodes extrêmes, on s'attend également à ce que le régime hydrologique moyen du Rhin change.



- Depuis 1900, il y a eu 11 épisodes similaires ou plus longs.
- Aucun épisode similaire depuis 1972 (à l'exception de 2018).

Figure 1 : Nombre de jours dont le débit est inférieur au débit équivalent GIQ (Source : WSV)

¹ Voir également le rapport de la CIPR intitulé « Inventaire des conditions et des situations d'étiage sur le Rhin » : https://www.ksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0248.pdf

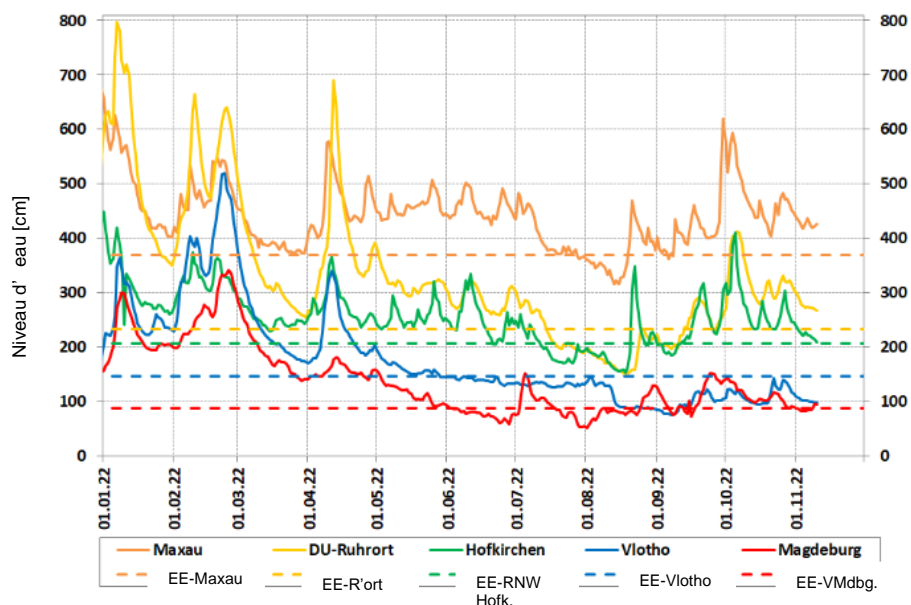
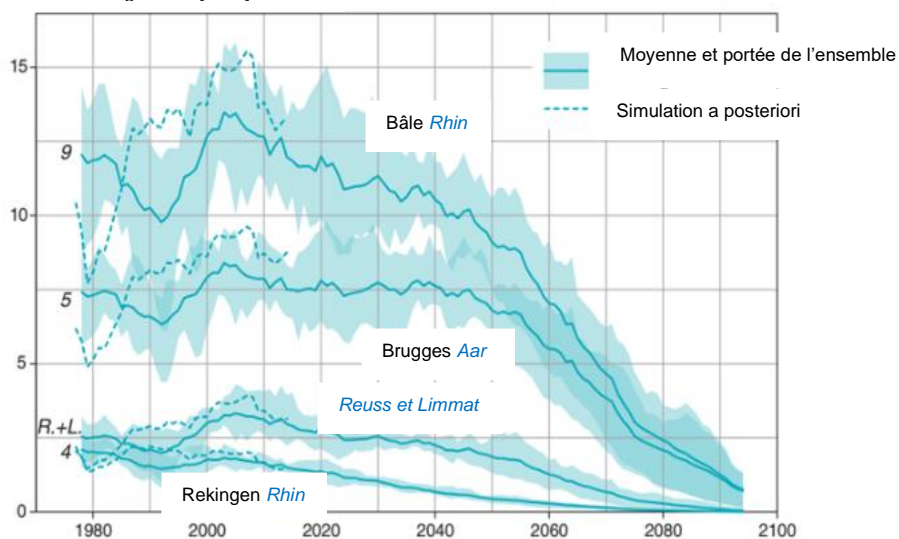


Figure 2 : Situation hydrologique en 2022 à différentes échelles européennes (Source : BfG)

Ainsi, en étudiant l'hydrologie, et en particulier les basses eaux, aux fins des mesures à prendre à moyen et à long terme, les effets du changement climatique doivent être pris en compte pour trouver des solutions efficaces.

Les résultats des études menées sous l'égide de la Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin mettent en évidence les effets du changement climatique à partir de fractions de débits de fonte des neiges et des glaces dans le cadre de plusieurs simulations climatiques différentes.

Débit (Q) moyen annuel en rapport avec la fonte glaciaire [m³/s]



Débit (Q) moyen annuel en rapport avec la fonte nivale [m³/s]

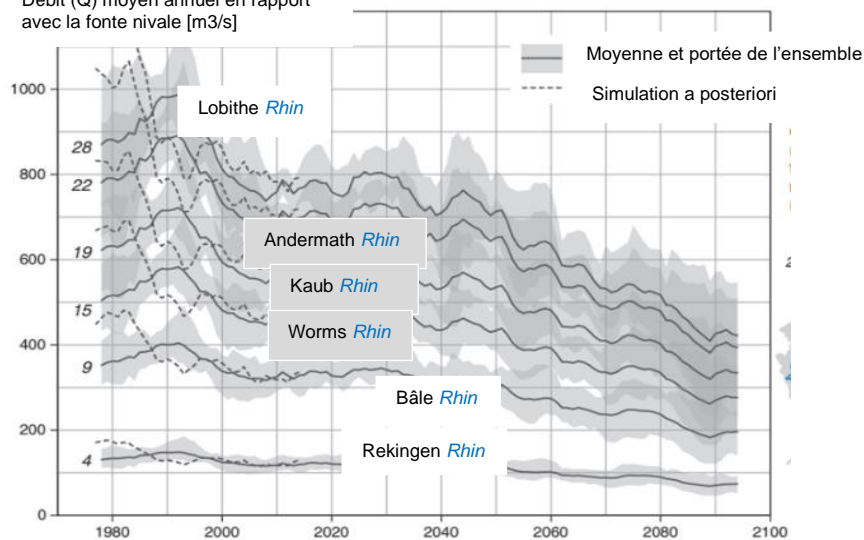


Figure 3 : Fractions des débits de fonte des neiges (première figure) et des glaces (deuxième figure) jusqu'à la fin du siècle (Source : Deltares, CHR, Stahl, K.et al, 2022)

Le fait que la contribution glaciaire maximale soit déjà dépassée constitue en soi un tournant, ce qui signifie que la contribution glaciaire maximale au débit global a déjà atteint son point culminant. Il en va de même pour la neige. La fraction de la fonte glaciaire diminuera rapidement après 2045 et aura presque complètement disparu à la fin du siècle.

Ces changements dans la fonte des neiges et des glaces ne sont pas sans effet sur les débits du Rhin. L'étude montre que (compte tenu des difficultés rencontrées par la navigation à proximité de l'échelle de Kaub en raison d'un niveau d'eau inférieur à 78 cm (GIW 2012)) la navigation pourrait connaître des restrictions, lesquelles pourraient survenir pendant plus de deux mois par an en moyenne à la fin du siècle.

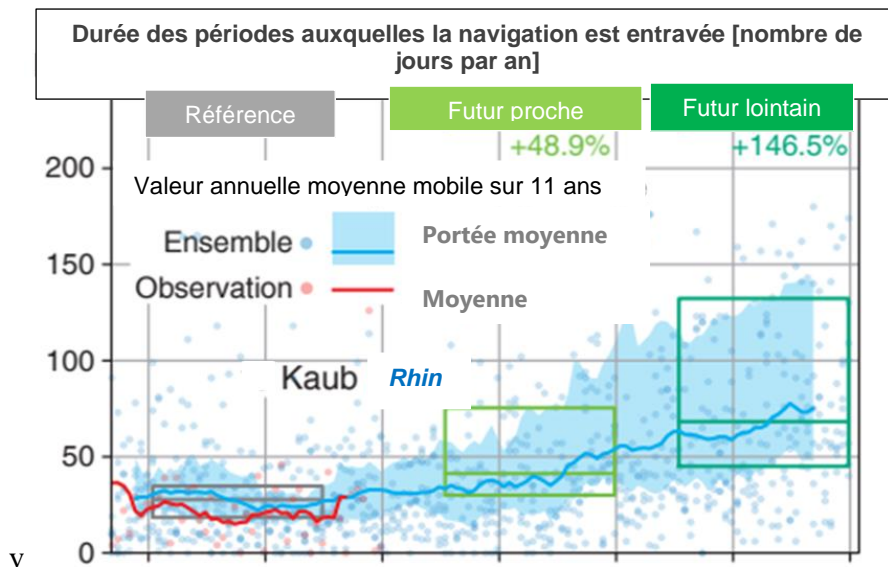


Figure 4 : Nombre de jours auxquels la navigation est entravée à Kaub (Source : Deltares, CHR, Stahl, K. et al, 2022)

L'étude conclut que l'eau de fonte des glaciers et des neiges sera absente dans un avenir lointain, ce qui entraînera des épisodes de basses eaux plus fréquentes dans la section du Rhin allant de Bâle à la mer du Nord, ce qui se traduira par des périodes de sécheresse plus longues et par des épisodes plus extrêmes. Dans le même temps, les besoins en eau de l'écologie, de la société et du secteur économique augmenteront, aggravant ainsi les risques de faibles débits.

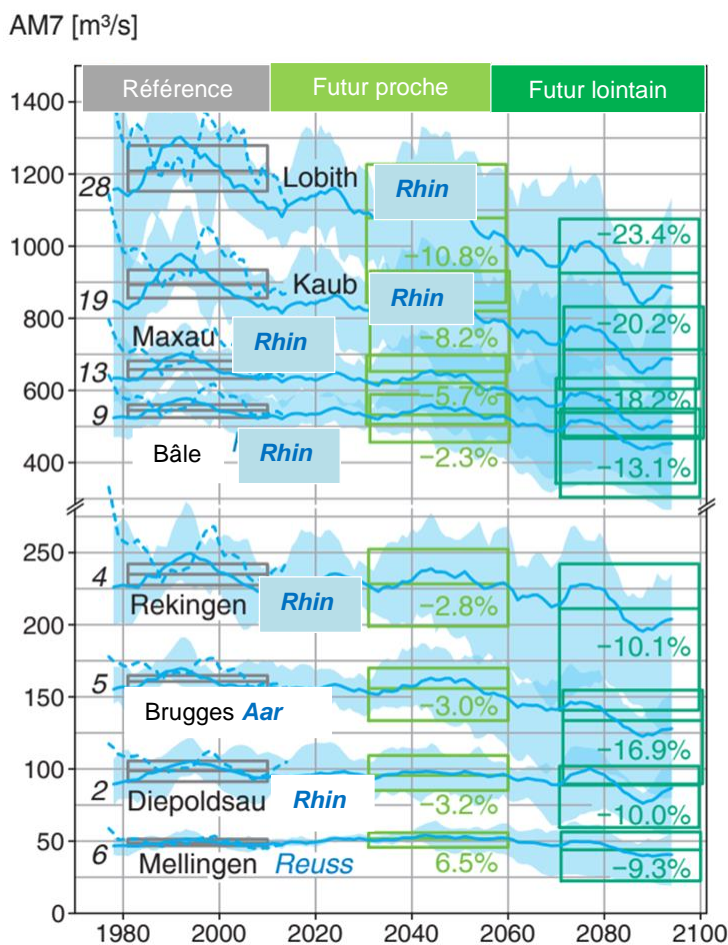


Figure 5 : Modélisation de faibles débits sur plusieurs années (minima annuels de 7 jours) (moyennes mobiles sur 11 ans). (Source : Deltares, CHR, Stahl, K. et al, 2022)

Conclusion : Sur la base des modèles et des scénarios utilisés (RCP8.5), on peut supposer que le débit total du Rhin sera stable – y compris à long terme – et que les faibles débits resteront dans la fourchette familière au cours des trois prochaines décennies, pour ensuite diminuer assez rapidement au cours des 50 années suivantes.

L'Allemagne, dans le cadre du service de base « climat et eau » de sa stratégie d'adaptation au changement climatique (DAS-Basisdienst « Klima und Wasser »), fournit des projections sur 100 ans concernant les débits fluviaux, les niveaux d'eau et les températures de l'eau relevées à seize échelles, en se fondant sur des ensembles de modèles climatiques actuels (par exemple CORDEX, RCP8.5 et d'autres scénarios) pour le Rhin, le Danube, l'Elbe, la Weser, l'Ems et les voies d'eau côtières avec une résolution quotidienne. Le service de base DAS est utilisé comme une source de données climatiques dans le cadre des procédures d'adaptation par l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation (WSV) et soutient les stratégies d'adaptation du gouvernement allemand.

1.3. Morphologie

Dans la partie la moins profonde de la vallée du Rhin moyen, en particulier entre Mayence et Saint-Goar, les phénomènes d'étiage constituent un énorme défi pour le transport par navigation intérieure.

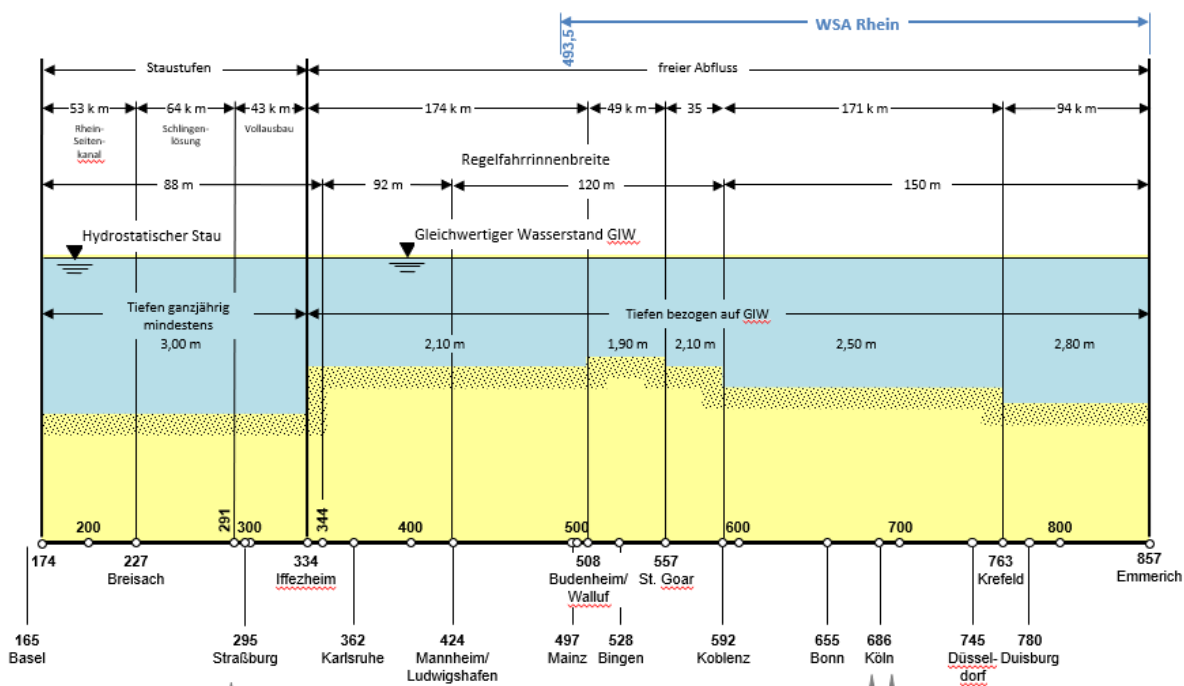


Figure 6 : Coupe longitudinale du Rhin (Source : WSV)

Dans cette section, considérée par l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation comme un goulet d'étranglement, on dispose d'un chenal navigable d'une profondeur de 1,90 m 345 jours par an. Le Rhin est cependant la voie de navigation intérieure la plus importante en Europe et constitue l'accès à la mer pour la Suisse.

Les caractéristiques relatives au lit du fleuve diffèrent de manière assez significative dans les diverses sections, celui-ci étant composé de gravier dans le Rhin supérieur, de roches dans le Rhin moyen et de sédiments sablonneux dans la section du Rhin inférieur. Ces différentes caractéristiques ont des effets significatifs sur les solutions d'infrastructure, telles que le dragage ou la construction d'épis. Pour plus d'informations sur la morphologie du Rhin, voir également le rapport de la CHR « From the source to the mouth »¹.

¹

<https://www.chr-khr.org/en/publication/source-mouth?from=publications>

Pour améliorer les conditions de navigation dans la section présentant un goulet d'étranglement, à Kaub, l'Allemagne a accéléré le projet « Abladeoptimierung der Fahrinnen am Mittelrhein¹ » (« Optimisation de l'enfoncement des bateaux sur le Rhin moyen ») pour augmenter de 20 cm la profondeur garantie du chenal navigable, qui passe de 1,90 m à 2,10 m dans des conditions d'étiage équivalent. Une commission dédiée à l'accélération du projet a été mise en place.

1.4. Transport par navigation intérieure

Depuis 1945, le volume de marchandises transporté sur le Rhin traditionnel², qui n'avait cessé de croître jusqu'en 2008 (passant de 5 millions à 207,5 millions de tonnes), a ensuite connu une tendance plutôt à la baisse et fini par atteindre 155,5 millions de tonnes en 2022. Néanmoins, la navigation intérieure continue de jouer un rôle majeur dans la réalisation des objectifs ambitieux de report modal et de réduction des émissions qui ont été fixés au niveau international pour le secteur des transports, notamment dans la déclaration de Mannheim, dans les objectifs de l'UE en matière d'atténuation du changement climatique et dans le Pacte vert pour l'Europe.

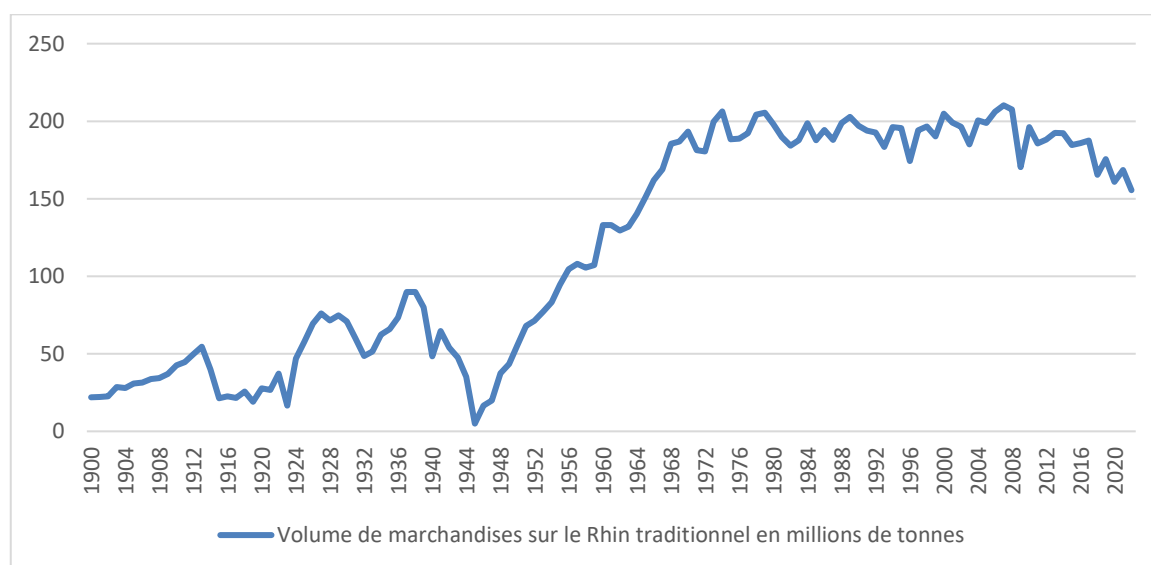


Figure 7 : volume annuel de marchandises transportées sur le Rhin traditionnel (de 1900 à 2022)

Au cours des dernières décennies, le trafic a été multiplié par un coefficient allant de 5 à 10. Dans le même temps, les bateaux sur le Rhin sont devenus deux fois plus grands et l'infrastructure a été adaptée à la taille croissante des bateaux. La capacité de stockage pour les chargeurs riverains et le secteur a pourtant considérablement diminué. L'hydrologie du Rhin étant presque constante, il en est résulté une augmentation sensible de la vulnérabilité de la navigation rhénane.

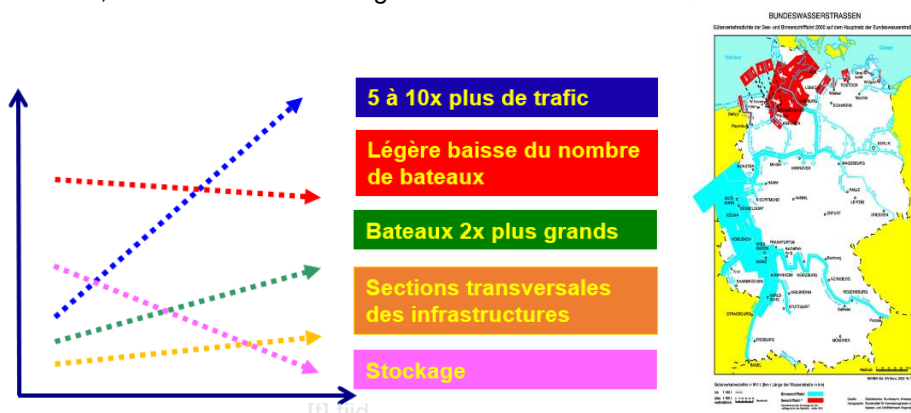


Figure 8 : Évolutions de la navigation rhénane (source : WSV)

¹ <https://www.abladeoptimierung-mittelrhein.wsv.de/>

² Section du Rhin allant de Bâle jusqu'à la frontière entre l'Allemagne et les Pays-Bas

Il est également important de préciser que :

- Les basses eaux ne sont de loin pas le seul facteur influant sur le transport fluvial. Elles s'ajoutent à d'autres facteurs d'influence tels que la situation globale du développement macroéconomique, qui s'exprime par les cours du pétrole, les volumes des échanges commerciaux et la production industrielle.
- Les répercussions économiques d'un épisode de basses eaux pour une voie d'eau donnée ne peuvent pas être transposées d'une année à une autre sur la même voie d'eau. L'ampleur de l'impact de l'épisode de basses eaux survenu en 2018 ne peut donc pas être transposée en 2022.
- De même, les répercussions économiques d'un épisode de basses eaux pour une voie d'eau donnée ne peuvent pas être transposés à une autre voie d'eau.
- En revanche, les faibles niveaux d'eau d'une voie d'eau donnée peuvent avoir de fortes répercussions sur d'autres fleuves et canaux. Tel a été le cas de la Flandre en 2018, dont les voies d'eau ont beaucoup souffert des épisodes de basses eaux que connaissait le Rhin.

Les conditions macroéconomiques spécifiques de 2022, qui étaient différentes de 2018 et qui ont conduit à une situation complexe et assez critique en 2022, en sont un exemple concret. En outre, l'épisode de basses eaux de 2022 a commencé dès la seconde quinzaine de juillet, une date plus précoce que les autres phénomènes de basses eaux observés dans le passé. En fin de compte, même si le nombre de jours de basses eaux enregistré en 2022 (41) était bien inférieur à celui de 2018 (107), l'impact économique négatif n'en était pas négligeable.

Les conditions spécifiques du cadre macroéconomique en 2022 sont décrites ci-dessous. Elles sont presque toutes liées aux conséquences de la guerre en Ukraine.

- Crise énergétique : forte hausse des prix de l'énergie, demande accrue de transport de charbon en raison de la diminution des quantités de gaz disponibles dans le secteur de l'énergie et de la flambée des cours du pétrole.
- Tensions concernant la capacité des bateaux en Europe occidentale :
 - Seule une petite fraction des bateaux de l'espace rhénan a été déployée en Europe de l'Est, pour contribuer au transport de céréales de l'Ukraine vers l'Europe centrale, occidentale et d'autres continents. (« *Corridors de solidarité* »). Selon les estimations des courtiers, environ 3 % de la capacité des bateaux rhénans à cargaison sèche ont été transférés vers la région du Danube en 2022.
 - Demande de charbon exceptionnellement élevée : pression supplémentaire sur la capacité des bateaux.
- De moindre importance, mais toujours d'actualité : la congestion et les tensions dues aux pandémies de Covid-19 sont des facteurs supplémentaires de restriction des capacités.

Paradoxalement, les épisodes de basses eaux peuvent avoir des retombées économiques positives à court terme pour les opérateurs de navigation intérieure en raison de l'augmentation des taux de fret (voir chapitre 2 pour plus de précisions sur le lien entre les basses eaux et les taux de fret). Il n'en est ainsi que pour certains opérateurs de la navigation intérieure, lorsque la navigation est encore possible et/ou lorsqu'ils peuvent proposer des barges en mesure de naviguer en période de basses eaux. En particulier, les entreprises opérant sur le marché au comptant peuvent bénéficier de suppléments facturés en raison des basses eaux et d'un rapport plus favorable entre l'offre et la demande en termes de capacité des bateaux.

Par exemple, en 2023, le gouvernement flamand a annoncé que la flotte fluviale flamande avait réussi, en 2018, en raison des faibles niveaux d'eau, à augmenter son chiffre d'affaires, un résultat qui a cependant été partiellement annulé par des coûts supplémentaires de carburant et de main-d'œuvre. Pour les chargeurs, en revanche, les dommages ont été beaucoup plus importants. Un report modal inverse a également été observé en Flandre, en particulier dans les segments des conteneurs et des matériaux de construction. Les ports et les grandes multinationales ont également été touchés en raison des restrictions imposées à la production. Celles infligées aux écluses ont aussi impacté le Port de Gand. En fin de compte, une

augmentation des émissions de GES et de polluants atmosphériques a également été observée en Flandre en raison d'opérations de transport fluvial moins efficaces,

Cet exemple était cependant l'affirmation selon laquelle l'impact positif des basses eaux n'est vrai qu'à court terme et pour une catégorie spécifique d'acteurs. À long terme, les basses eaux ont un impact négatif sur le transport fluvial, qui se traduit par des coûts énormes, un manque de fiabilité et un report modal inverse. Il est donc essentiel que le transport fluvial s'attaque au problème des basses eaux. En fin de compte, cette situation pèse sur les politiques européennes en matière d'environnement et de transport, ainsi que sur la vitalité économique de la région rhénane, et pénalise les principales industries en Europe, qui dépendent d'un approvisionnement continu de marchandises par la navigation intérieure, tandis que le tourisme fluvial revêt une importance économique croissante.

1.5. Point clés transversaux

Sachant que l'hydrologie rhénane est, dans une large mesure, un facteur donné, les solutions pour renforcer la résilience du transport fluvial doivent reposer sur d'autres facteurs. Comme il n'existe **pas de solution « universelle »**, une combinaison de mesures est donc nécessaire. En effet, des **mesures doivent être prises rapidement** en ce qui concerne l'adaptation des concepts de flotte, d'infrastructure, de logistique et de stockage, ainsi que la mise en œuvre d'outils numériques, afin de garantir que la navigation intérieure reste un mode de transport fiable et d'éviter que l'on s'en détourne de manière permanente au bénéfice d'autres modes de transport. En même temps, l'épisode d'étiage extrême survenue en 2018 a également montré que, pour les processus industriels concernés, de tels épisodes ne peuvent être contrôlés par un report modal à court terme.

Bien que les options relatives à la gestion de l'eau soient étudiées pour l'ensemble du bassin versant du Rhin, il est encore difficile de savoir si de telles mesures peuvent libérer tout leur potentiel lorsque la sécheresse frappe l'ensemble du bassin versant et que l'eau doit être répartie entre les différents utilisateurs et utilisations.

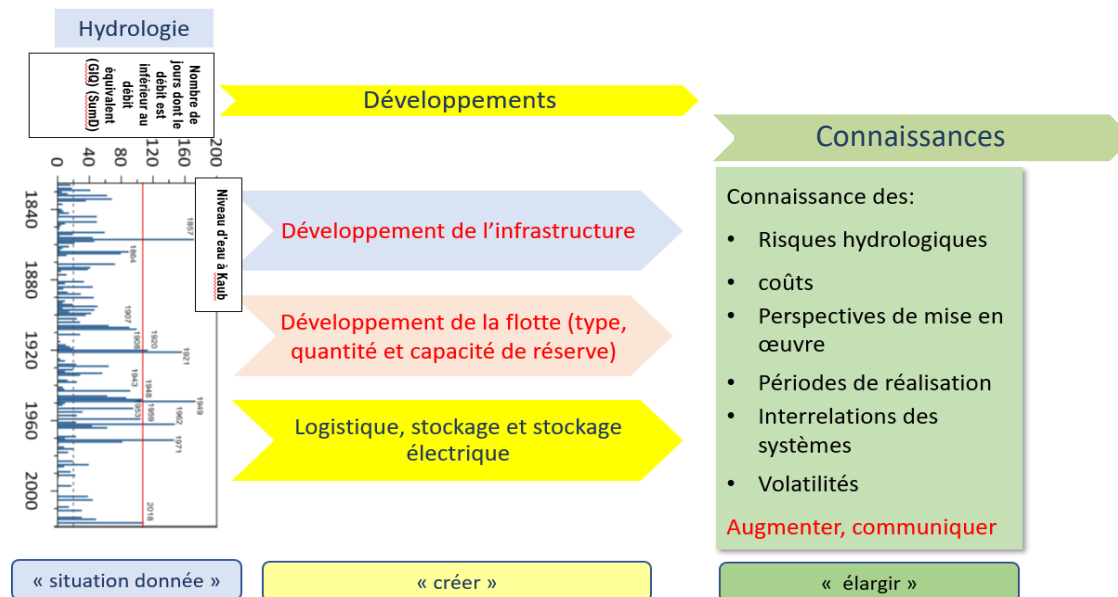


Figure 9 : Domaines d'activités futures (source : WSV)

Les ateliers ont également identifié la nécessité d'un dialogue **intensif et continu entre les acteurs industriels, logistiques, politiques et environnementaux**. En particulier, il est essentiel de permettre à ces acteurs de mettre en avant leurs idées et leurs visions pour l'avenir afin de trouver, d'une part, le juste équilibre entre le développement des infrastructures et de la flotte, et, d'autre part, la préservation de la biodiversité et la protection de l'eau. La CCNR pourrait servir de plateforme à ces échanges concernant le Rhin.

Les basses eaux de 2018 ont été un **avertissement**. Malgré leurs conséquences négatives pour le transport par navigation intérieure, le secteur a pu prendre des mesures d'adaptation. L'objectif est d'**agir maintenant** et de préparer l'avenir. Les premières mesures d'adaptation prises ont été présentées lors de l'atelier de suivi organisé en 2023, démontrant la résilience de l'écosystème rhénan.

2. Flotte

2.1. Impacts

Si la profondeur de l'eau diminue, le rapport entre la profondeur de l'eau et le tirant d'eau (h/T) diminue également, ce qui entraîne une plus grande résistance et exige donc plus de puissance et d'énergie.

Une diminution de la profondeur de l'eau a également d'autres effets plus dynamiques sur la résistance, en raison de l'effet d'enfoncement. Pour un bateau en mouvement, cet effet génère un enfoncement dynamique du bateau dans l'eau. L'effet d'enfoncement est d'autant plus fort que le bateau navigue vite et que la distance entre la quille du navire et le fond du fleuve est petite¹.

Une réduction du pied de pilote à vitesse égale a donc pour conséquence un enfoncement croissant du bateau et une réduction de la vitesse. Ces effets peuvent être pris en compte lors de l'examen des considérations relatives à la conception. Cependant, plus la mission et le profil opérationnel sont larges, plus il sera difficile d'optimiser la conception d'un bateau par rapport à des conditions spécifiques.

De faibles débits sur le Rhin génèrent de faibles profondeurs de chenal navigable dans les sections à courant libre du fleuve. La diminution de la profondeur du chenal navigable a des répercussions sur la sécurité du transport, se révélant pénalisante pour les polices d'assurance, la consommation d'énergie et la durée des trajets. Elle limite la capacité maximale de transport de marchandises d'une flotte et réduit donc l'efficacité, ce qui a des effets supplémentaires sur les stocks et leur gestion.

¹ Voir: Rawson, Kenneth J., and Tupper, Eric C. (2001), Basic Ship Theory, Combined Volume, 5th edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, p. 561.

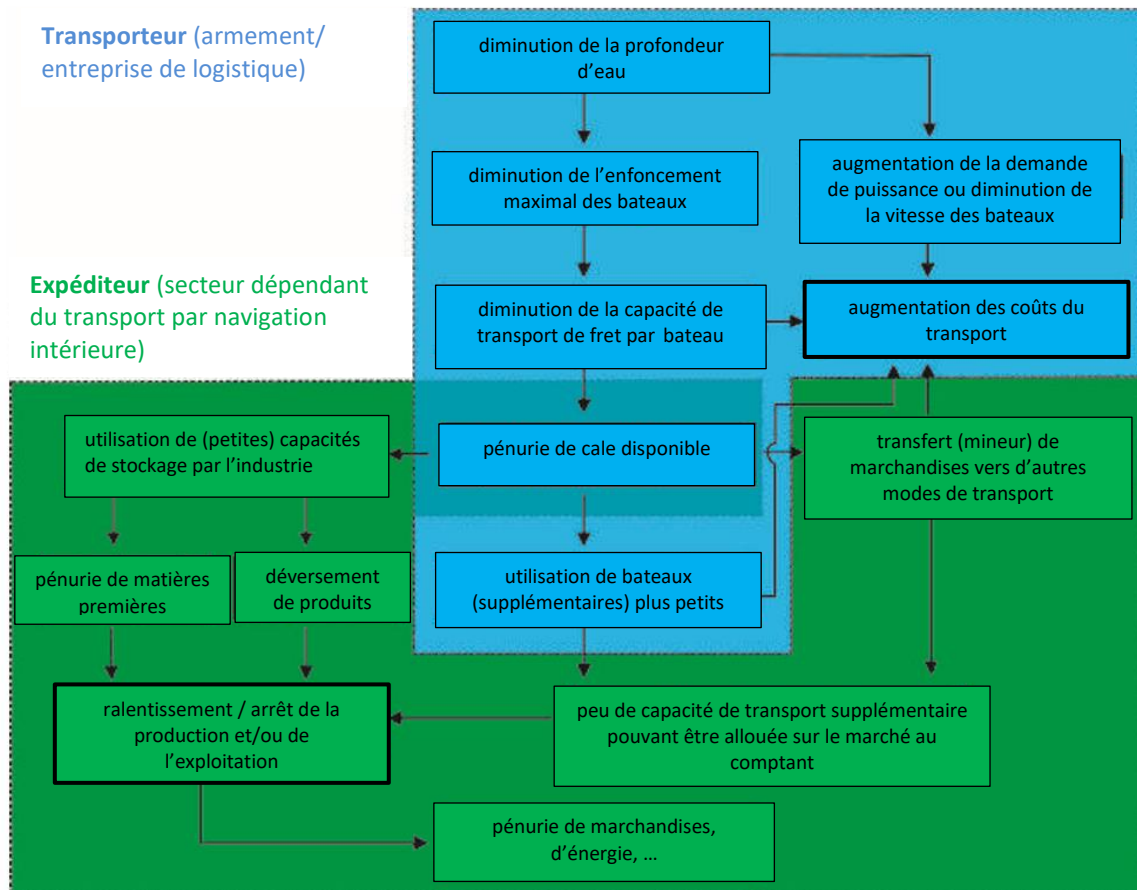


Figure 10 : Représentation schématique de la chaîne fonctionnelle de la vulnérabilité du transport par navigation intérieure due aux basses eaux (source : RWS, IMPREX)

Certains bateaux peuvent aussi tout simplement ne plus être en mesure de naviguer. L'analyse, par le Secrétariat de la CCNR, des données de l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation, a effectivement montré que la capacité moyenne des bateaux en service avait diminué pendant l'épisode de basses eaux survenu en juillet et août 2022. En fait, pendant cet épisode, certains des plus grands bateaux pouvaient à peine naviguer sur le Rhin moyen et supérieur, ce qui s'est traduit par une capacité de chargement moyenne inférieure dans les données d'exploitation examinées. Une capacité réduite peut également résulter de l'utilisation de différents types de bateaux. Par exemple, en 2023, thyssenkrupp a signalé que sa capacité de transport avait été considérablement réduite par l'utilisation d'automoteurs au lieu de pousseurs (en capacité de pousser 4 barges).

Les basses eaux génèrent également des défis nautiques pour la navigation intérieure en ce qui concerne la distance de sécurité ou le pied de pilote à respecter, la largeur réduite des chenaux et l'encombrement, augmentant ainsi la complexité de la navigation.



Figure 11 : Navigation rhénane en période de basses eaux (source : ESO)

En outre, les degrés de chargement des bateaux peuvent être considérablement réduits en raison des basses eaux, ce qui se traduit par un volume inférieur de marchandises transportées par trajet. Il en résulte une baisse de la rentabilité du transport par navigation intérieure, qui découle de la baisse des revenus destinés à couvrir les coûts fixes du transport, **parallèlement à la hausse des coûts unitaires, causée notamment par les effets combinés de la hausse des prix des carburants et d'une consommation supérieure (due à une résistance accrue)**. Ces facteurs sont présentés dans les figures ci-dessous illustrant les épisodes de basses eaux de 2022.

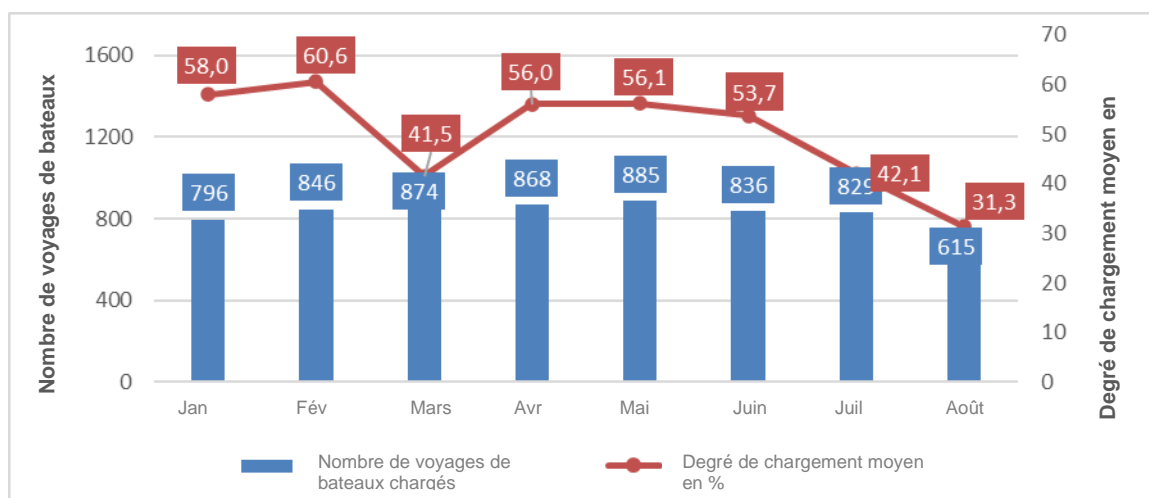


Figure 12 : Nombre de voyages de bateaux chargés et degré de chargement moyen par voyage pour les bateaux à cargaison sèche enregistrés à l'écluse d'Iffezheim au cours des huit premiers mois de l'année 2022 (source : analyse de la CCNR à partir des données de l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation)

Lorsque l'épisode de basses eaux a commencé, au mois de juillet 2022, le degré de chargement moyen des bateaux a diminué.

En août 2022, les niveaux d'eau avaient encore baissé. Il en a résulté une autre diminution du degré de chargement moyen des bateaux. Les conditions de navigation étaient devenues plus difficiles qu'en juillet, ce qui s'est également traduit par une baisse du nombre de voyages susceptibles d'être effectués.

En raison de la diminution du degré de chargement pendant ces deux mois et du nombre inférieur de voyages en août, les mois de juillet et août ont connu une forte baisse de la quantité totale de marchandises transportées sur le Rhin supérieur. Les volumes inférieurs de marchandises manutentionnés dans les principaux ports du Rhin supérieur en juillet et en août 2022, en conséquence de la guerre en Ukraine et des basses eaux, sont eux aussi clairement identifiables dans la figure 13 où ils sont illustrés par une échancrure en forme de V.

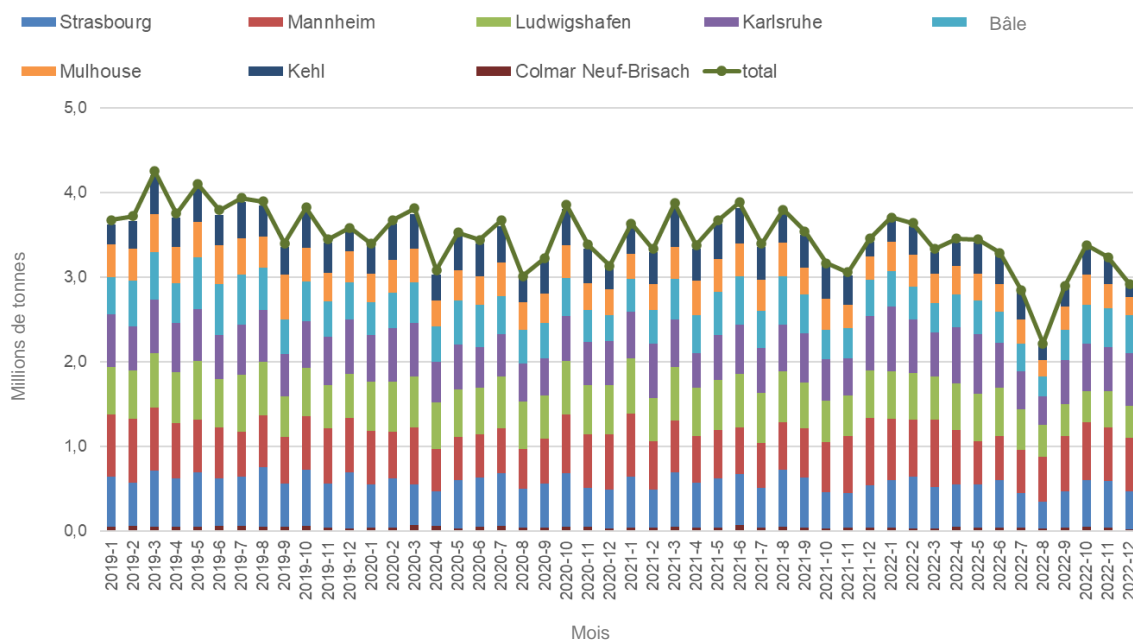


Figure 13 : Manutention de marchandises dans les principaux ports du Rhin supérieur entre 2019 et 2022 (Source : analyse de la CCNR réalisée à partir de données fournies par les ports).

Évolution du volume et du coût du fret transporté par barge en 2018

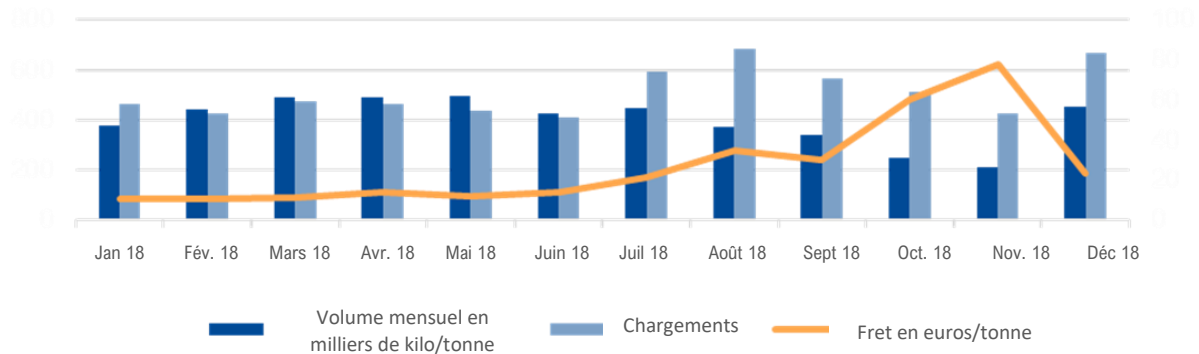


Figure 14 : Évolution du volume et du coût du fret en 2018 (source : BASF)

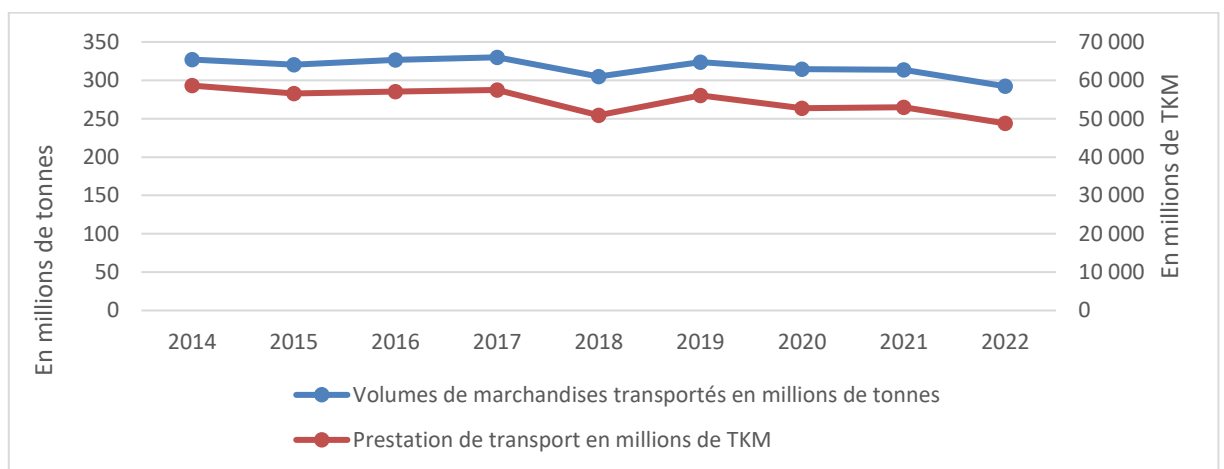


Figure 15 : Évolution des taux de fret par trimestre entre 2019 et 2022 (Source : CBS)

En ce qui concerne la période 2019-2022, il est important de noter que les taux de fret ont connu une hausse pour tous les segments de marché lors des épisodes de basses eaux survenus en 2021 et 2022. En ce qui concerne plus particulièrement les taux de fret applicables au vrac sec, il est important de tenir compte en outre de la forte progression du transport de charbon et du transfert de la capacité des bateaux du Rhin vers la région du Danube (3% de la capacité de la flotte à cargaison sèche du Rhin). Les taux de fret applicables au vrac liquide ont augmenté en 2022, sous le seul effet des basses eaux, et ne sont attribuables à aucun facteur structurel.

Compensation des charges fixes applicables aux bateaux en cas de réduction de la capacité de charge due aux basses eaux

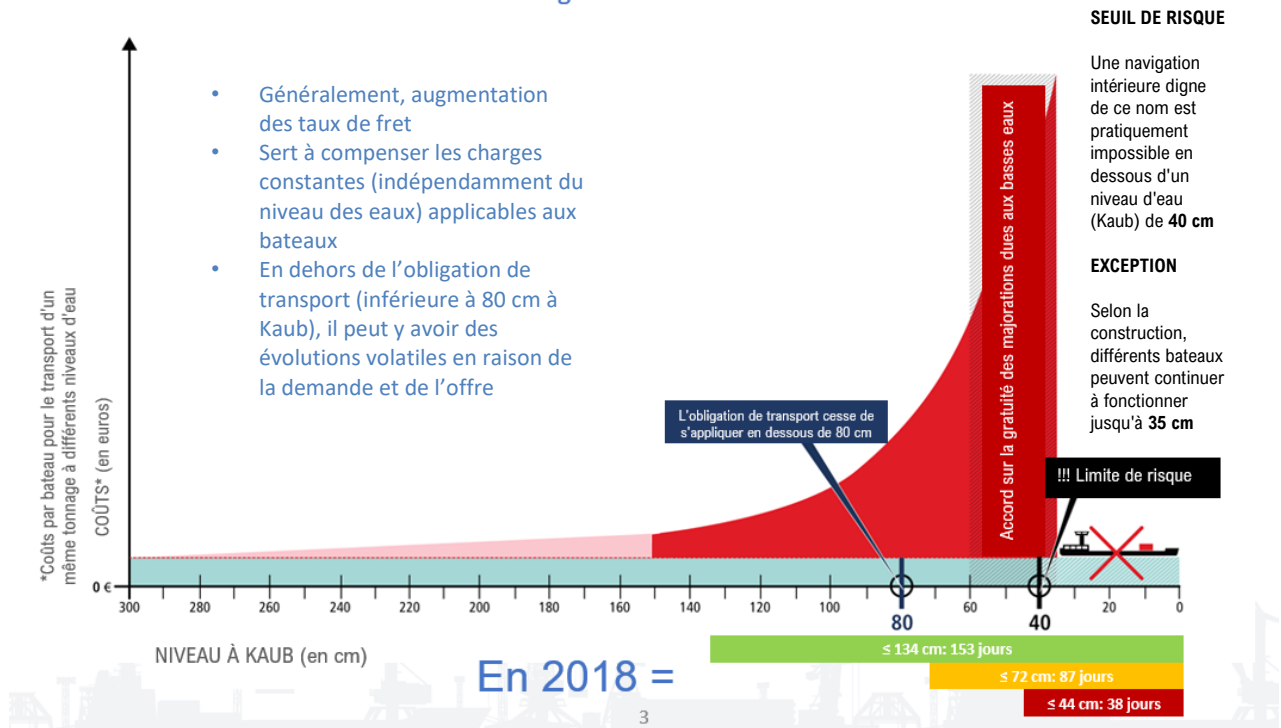


Figure 16 : Compensation des charges fixes applicables aux bateaux en cas de capacité de chargement réduite en raison du manque d'eau (Source : RHENUS Logistics)

Cela concerne non seulement le transport de cargaison sèche et liquide mais aussi le transport de conteneurs. La figure ci-dessous montre qu'avec un niveau de 2,50 m à l'échelle de Kaub, un porte-conteneurs classique d'une capacité de charge de 208 EVP peut transporter 100 % de sa capacité. Si le niveau d'eau à l'échelle de Kaub descendait à 75 cm, la diminution de la capacité de charge serait de 75 %. Quatre bateaux ou quatre trajets seraient nécessaires pour transporter les mêmes volumes de marchandises. Si le niveau d'eau à l'échelle de Kaub continuait de descendre jusqu'à 55 cm, six bateaux ou trajets seraient nécessaires pour effectuer le transport.

Nombre de bateaux nécessaires pour le transport d'un même tonnage

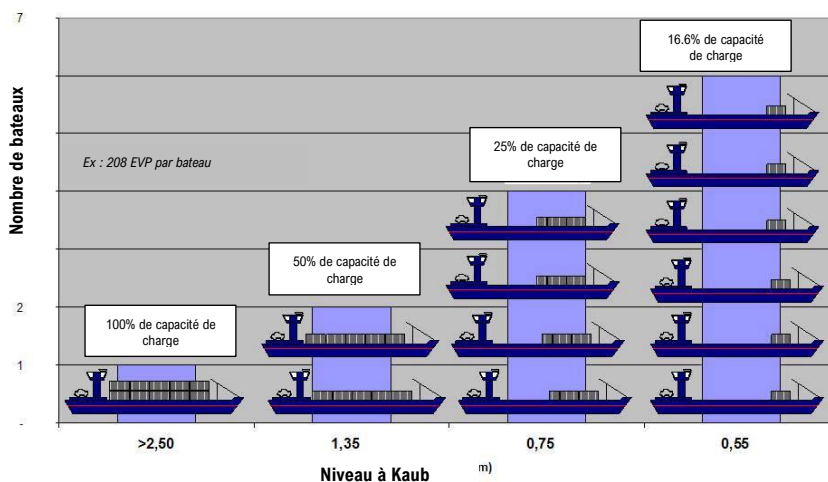


Figure 17 : Nombre de bateaux nécessaires pour transporter une quantité fixe de cargaison (source : CONTARGO)

Une conclusion similaire peut être tirée pour une flotte à cale sèche ou citerne de capacité moyenne. En dessous de 134 cm, 72 cm et 44 cm, elle peut naviguer, respectivement, à 50 %, 25 % et 15 % de sa capacité (source : Rhénus Logistics, voir aussi figure 18 ci-dessous). En dessous de 40 cm à l'échelle de Kaub, le transport par navigation intérieure ne peut tout simplement pas avoir lieu, même si certains bateaux sont adaptés pour naviguer jusqu'à une profondeur de 35 cm à l'échelle.

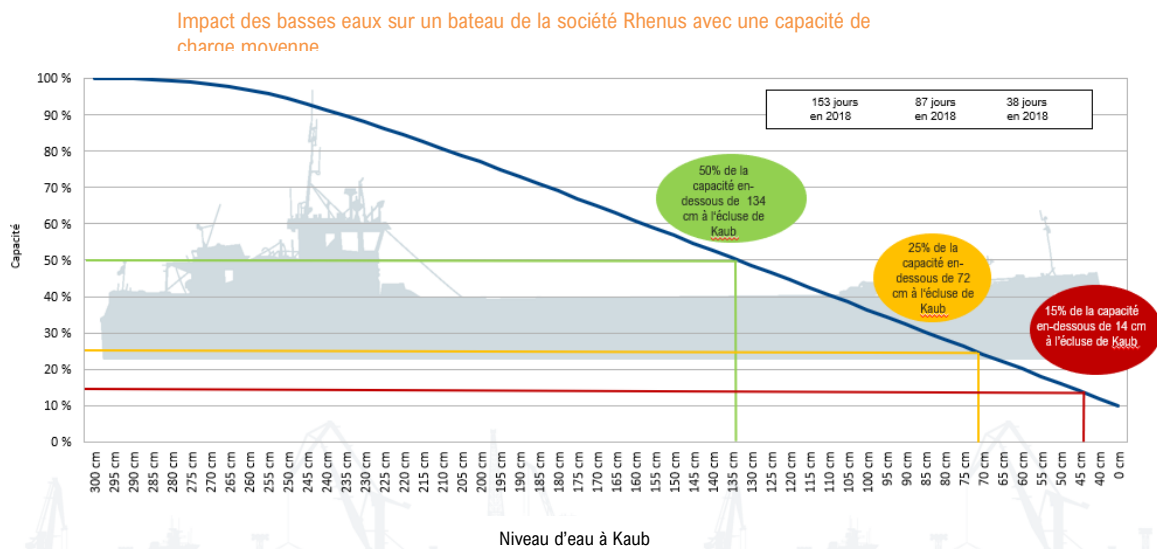


Figure 18 : Capacité de la flotte par rapport aux niveaux d'eau à l'écluse de Kaub (source : Rhénus Logistics)

2.2. Solutions

Bateaux optimisés pour les basses eaux

L'efficacité de l'utilisation d'un bateau en période de basses eaux dépend :

- De la construction du bateau (conception pour une construction légère)
- Du tirant d'eau du bateau
- De la construction de l'arrière du bateau
- De la taille des hélices
- De la pression sur les hélices

Par conséquent, la conception de certains éléments, comme la coque et le système de propulsion, revêt une importance capitale, surtout si, au stade de la conception, il est tenu compte du transport en période de basses eaux. Comme indiqué plus haut, il n'y a pas de solution universelle. Les bateaux de conception nouvelle doivent être optimisés pour des profils opérationnels bien définis. Plusieurs options existent donc d'ores et déjà, à savoir :

- Conception optimisée de l'avant pour minimiser la formation de vagues et la résistance susceptibles d'avoir une incidence sur les diverses conditions de chargement (en fonction du profil opérationnel)
- Hélice(s) optimisée(s) avec un diamètre plus petit pour réduire le tirant d'eau
- Conception moderne des hélices et des tuyères
- Installation de deux ou plusieurs hélices **afin d'accroître l'efficacité énergétique avec un tirant d'eau inférieur**
- Prévention de l'aspiration d'air vers l'hélice par l'installation de tunnels, tunnels Flex ou tôles de recouvrement.
- **Optimisation du poids et de la taille**

Il est également possible d'accroître la résilience aux basses eaux des bateaux retrofités. Le nombre de mesures d'adaptation a augmenté depuis 2018, celles-ci étant désormais concentrées sur les propulseurs, l'arrière des bateaux et les gains de flottabilité, comme l'ont indiqué en 2023 les experts du projet Novimove. Plus précisément, le projet Novimove se penche sur le concept de flottabilité ajoutée. L'idée consiste à adapter les propriétés physiques (flottabilité) des bateaux, tout en maintenant une charge utile économiquement réalisable en période de basses eaux.

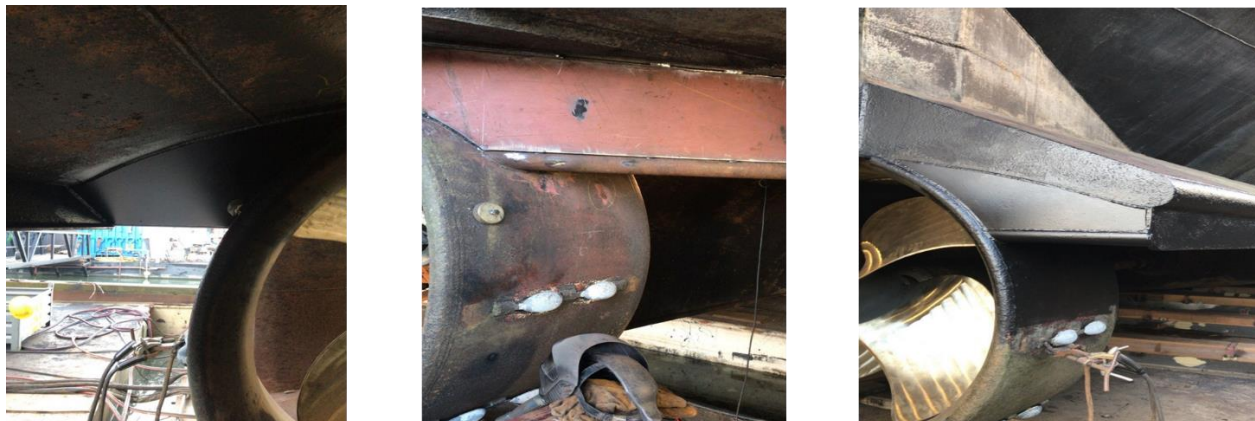


Figure 19 : Optimisation de la partie arrière et des hélices des bateaux (Source : CONTARGO)

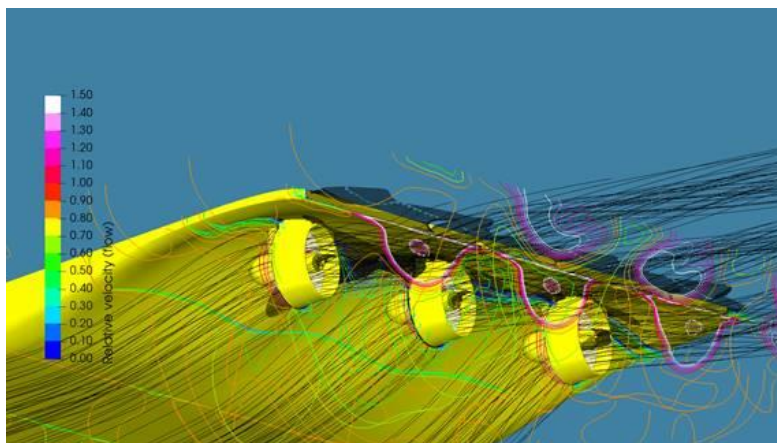


Figure 20 : Analyses de la conception de l'arrière d'un bateau à l'aide de la mécanique des fluides numérique (source : MARIN)



Figure 21 : Conception de l'arrière d'un bateau équipé de 3 propulseurs, le diamètre des hélices étant réduit pour la navigation en eaux peu profondes (source : MARIN, photo : S. Oudakker, Oudcomb)

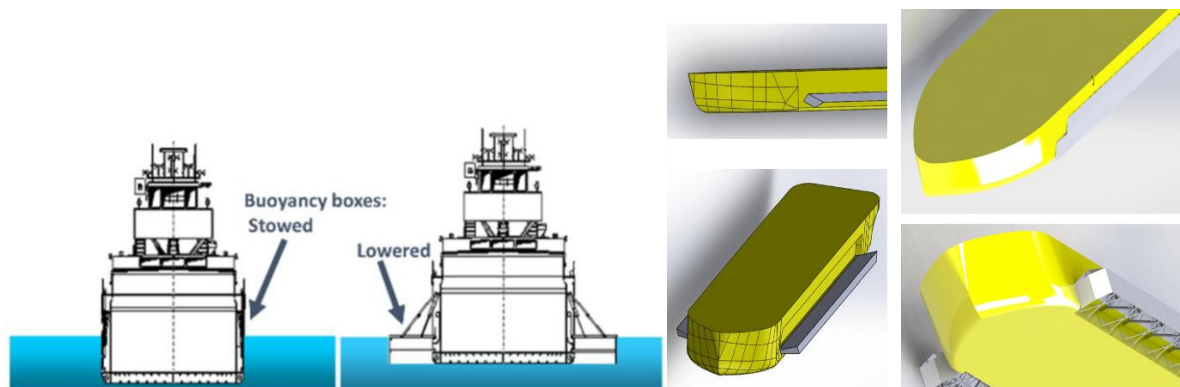
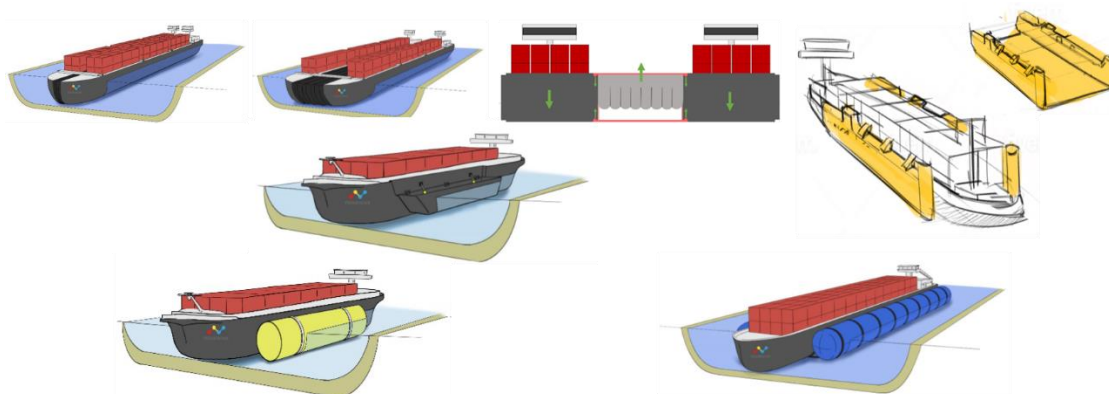


Figure 22 : Premier concept de flottabilité ajoutée adapté aux nouvelles constructions et aux retrofits (source : projet Novimove)

L'atelier de 2018 a conclu que l'on disposait déjà de tous les moyens nécessaires pour mieux s'adapter aux basses eaux. Cela étant, certaines demandes en matière de recherche ont été maintenues afin de continuer à perfectionner les modèles prévus, à savoir :

- Interaction de l'arrière du bateau avec les hélices, les tuyères, les gouvernails, les tunnels, etc., dans des eaux (extrêmement) basses
- Interaction entre le bateau et la voie navigable
- Interaction entre les bateaux
- Navigation dans des voies navigables confinées.

Depuis 2018, on observe un intérêt accru pour les projets de recherche consacrés à la navigation en période de basses eaux, qu'il s'agisse de projets de recherche commerciaux et publics ou de travaux portant sur des bateaux adaptés aux basses eaux.

En 2018, il a également été souligné qu'il ne faudrait pas se limiter à ces mesures d'adaptation. En effet, les bateaux de navigation intérieure devraient aussi être polyvalents et adaptés à la plupart des situations les plus importantes du point de vue économique (pas seulement aux situations de basses eaux). Ce défi reste valable aujourd'hui et a été souligné une fois de plus par les participants à l'atelier organisé en 2023.

Flotte

Une diversification de la flotte serait souhaitable, de sorte que le transport par navigation intérieure soit mieux adapté aux basses eaux, ce qui signifie qu'une partie spécifique de celle-ci serait optimisée pour être engagée en période de hautes ou de basses eaux. Cela entraînerait cependant des coûts supplémentaires pour le transport par navigation intérieure, car certaines parties de la flotte seraient exploitées au-delà de leurs paramètres de conception. Ces coûts doivent être intégrés dans le prix du transport. Cela pose également la question de savoir si ces bateaux seraient effectivement exploités au-delà de leurs paramètres de construction ou s'ils resteraient à quai jusqu'à ce qu'il soit nécessaire de les utiliser.

Les ateliers ont identifié d'autres solutions pour adapter la flotte aux basses eaux, telles que :

- L'optimisation des bateaux existants, telle que décrite ci-dessus,
- L'utilisation de bateaux plus petits dans des formations à couple,
- L'optimisation des nouvelles constructions.
- L'ajout de barges à un convoi poussé, pendant les périodes de basses-eaux, pour pouvoir transporter les mêmes quantités. L'adéquation de cette option devrait cependant être analysée, notamment à la lumière des règles relatives aux équipages.

Plusieurs armements disposent déjà d'une expérience en matière de mesures d'optimisation. CONTARGO a précisé que, lorsque le pic de basses eaux a été atteint en 2018, trois de leurs formations améliorées à couple étaient encore capables de naviguer sur la section du Rhin moyen, chacune avec deux barges supplémentaires pour compenser le degré inférieur de chargement.

Comme indiqué en 2023, BASF, de son côté, a investi dans la construction de nouveaux bateaux spécialisés, capables de naviguer en période de basses eaux.



Figure 23 : Nouvelle construction, par BASF, de barges spécialisées pour les basses eaux. (Source : BASF)

Comme relevé en 2023, les options pour réduire le tirant d'eau des convois de pousseurs de thyssenkrupp SE sont également en cours d'évaluation.

Globalement, depuis 2018, les investissements dans les nouvelles constructions de bateaux spécialisés, capables de fonctionner en période de basses eaux ont augmenté. Les développements positifs démontrent la capacité d'adaptation du secteur de la navigation intérieure.

L'importance du financement public pour soutenir ces développements ne devrait pas être sous-estimée. Celui-ci peut prendre plusieurs formes, à savoir :

- le financement de la recherche, assuré, par exemple, par les fonds Horizon Europe au niveau de l'UE
- le financement de la modernisation de la flotte, qui va de pair avec des exemples de bonnes pratiques en Allemagne (Programme d'aide à la modernisation durable des bateaux de navigation intérieure (Förderung der nachhaltigen Modernisierung von Binnenschiffen)) et en France (Plan d'aide à la modernisation et à l'innovation de la flotte - PAMI). Le Ministère fédéral allemand du numérique et des transports a indiqué que, à l'automne 2022, deux demandes de financement avaient été soumises à l'Administration fédérale des voies navigables et de la navigation (GDWS) pour remplacer la section arrière d'un bateau par une section neuve afin d'optimiser les bateaux de marchandises pour les faibles niveaux d'eau (financement sollicité : environ 5 millions d'euros par demande) et que d'autres demandes avaient été annoncées. En fait, de telles mesures étaient prévues dans le plan d'action « Basses eaux du Rhin » (plan en 8 points) lancé en Allemagne.

Dans les scénarios où l'optimisation pure et simple de la flotte ne suffit pas, d'autres mesures telles que la gestion de la flotte ou la multimodalité doivent être prises en compte.

3. Chargeurs et industrie

3.1. Impacts

Les effets de l'épisode d'étiage survenu dans la seconde partie de l'année 2018 ne doivent pas être sous-estimés. Ce phénomène n'est pas nouveau, mais la vulnérabilité du transport par navigation intérieure aux basses eaux semble avoir augmenté. En effet, bien que la période de basses eaux de 2018 arrive en deuxième position sur les sept épisodes de basses eaux les plus graves des 100 dernières années, 2018 a également été l'année où, d'un point de vue économique, le transport par navigation intérieure a le plus souffert.

À Kaub, sur le Rhin moyen, les données sur le nombre de jours où le débit a été inférieur à 783 m³ par seconde (valeur représentant le débit équivalent, qui correspond à un étiage équivalent de 78 cm à Kaub) sont modélisées statistiquement depuis 1820. Cette méthode a pour objet de comparer les débits actuels avec ceux du passé. Les valeurs obtenues montrent qu'il y a également eu, par le passé, des années présentant de sévères épisodes d'étiage (avant 2018 et 2022).

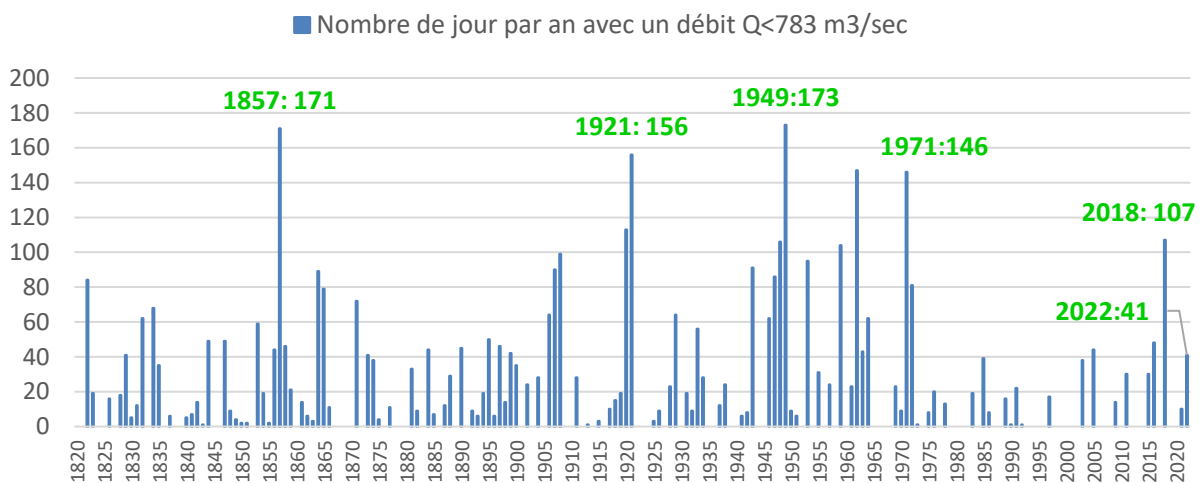


Figure 24 : nombre de jours par an avec un débit $q < 783 \text{ m}^3/\text{s}^*$ à Kaub, sur le Rhin moyen

Source : Office fédéral allemand de l'hydrologie, Observation du marché de la CCNR

* Correspond à un niveau d'eau de 78 cm (étiage équivalent).

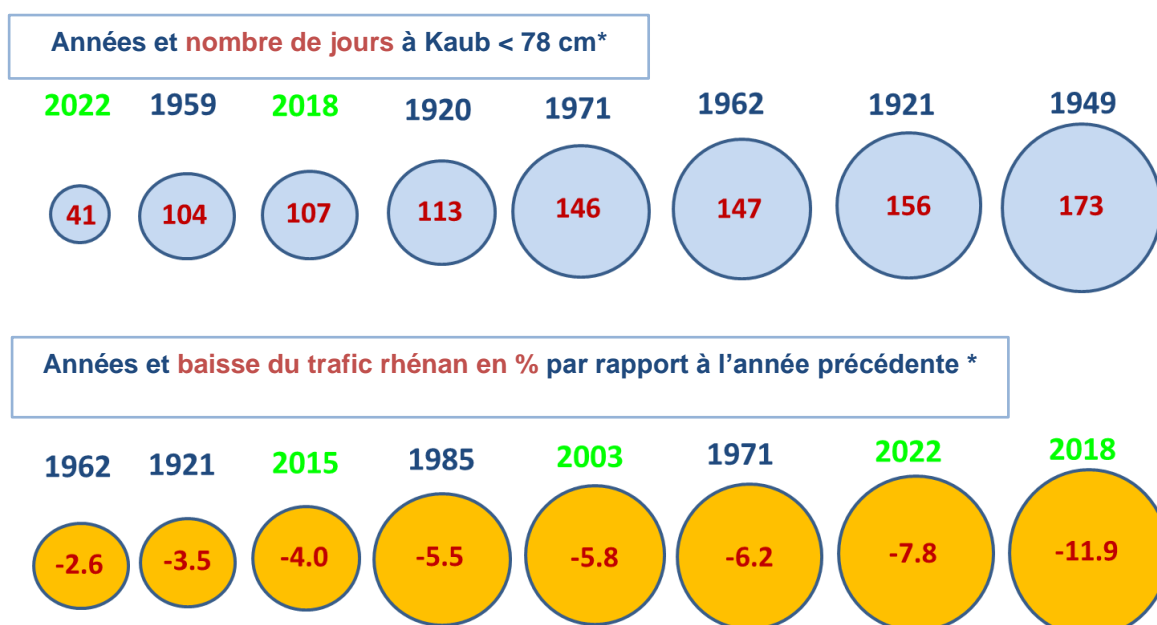


Figure 25 : Nombre de jours d'étiage par rapport à l'impact sur le trafic rhénan (source : calcul de la CCNR basé sur les données communiquées par Destatis et l'Administration fédérale allemande des voies navigables et de la navigation (Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, fournies à ceux-ci par Institut fédéral allemand d'hydrologie (Bundesanstalt für Gewässerkunde). 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 et de la surligner en gris.

* Les années des conflits mondiaux (1914-1918 et 1940-1945) et les années de grande crise économique (1919, 1923, 1931, 1932, 1975, 2009) en sont exclues. En 2022, la baisse du trafic rhénan était également liée aux conséquences de la guerre en Ukraine.

Tableau 1 : impact financier des basses eaux aux Pays-Bas et en Allemagne

		Pays-Bas	Allemagne	Total
Impact financier pour le secteur de la navigation intérieure	Recettes nettes	+378 Mio. €	+95 Mio. €	+473 Mio. €
	Frais supplémentaires	-302 Mio. €	-76 Mio. €	-378 Mio. €
	Bénéfice net	+76 Mio. €	+19 Mio. €	+95 Mio. €
Impact financier pour les chargeurs	Coûts de transport	-245 Mio. €	-243 Mio. €	-488 Mio. €
	Réduction de la production	-60 Mio. €	-2,1 Mrds. €	-2,2 Mrds. €
	Stocks stratégiques	-66 Mio. €	-65 Mio. €	-131 Mio. €
	<i>Total de l'impact négatif</i>	<i>-371 Mio. €</i>	<i>-2,4 Mrds. €</i>	<i>-2,8 Mrds. €</i>
Impact financier total		-295 Mio. €	-2,4 Mrds. €	-2,7 Mrds. €

Figure 26 : Impact économique et financier de l'épisode de basses eaux de 2018 aux Pays-Bas et en Allemagne, présenté par la Platorne IWT (source : Economische impact laagwater, Erasmus UTP)

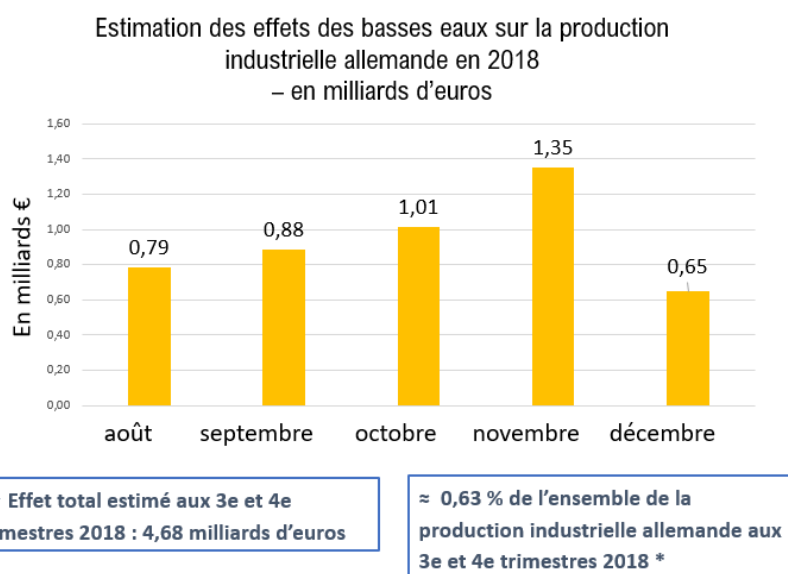
Comme expliqué dans les chapitres précédents, la cause de ces impacts plus graves peut être liée à de nombreux éléments, tels que le développement de la flotte, les infrastructures, mais aussi la logistique. En effet, on privilégie le principe logistique du « juste-à-temps » (« just-in-time »), régi par la réception des matières premières, des produits et des pièces au fur et à mesure des besoins, et non par leur disponibilité en stock. Il permet aux entreprises de réduire les coûts de stockage en ayant moins de marchandises à stocker. Cependant, il s'opère au détriment du transport fluvial en cas d'incidents tels que les basses eaux.

L'interruption des chaînes logistiques en raison de l'épisode d'étiage en 2018 a entraîné des pertes économiques considérables. Pour l'Allemagne, la livraison des matières premières (en particulier le minerai de fer et le charbon) en a été perturbée, de même que la fabrication des produits finaux de l'industrie chimique, métallurgique et pétrochimique, ce qui a entraîné une baisse de la production industrielle allemande de près de 5 milliards d'euros.

Les basses eaux ont eu un impact particulier sur les entreprises allemandes BASF et thyssenkrupp¹ pour lesquelles la navigation rhénane joue un rôle majeur. En effet, lorsque les produits finis ne peuvent pas être expédiés (ou seulement en quantités limitées) et que les matières premières ne peuvent pas être fournies, il s'avère au bout du compte inévitable de devoir réduire la production. Thyssenkrupp l'a de nouveau souligné en 2023, sa production devant être ajustée à l'approvisionnement en matières premières. À long terme, les deux entreprises considèrent les basses eaux comme une menace, tant pour le grand complexe chimique intégré de BASF à Ludwigshafen que pour le site des hauts-fourneaux de thyssenkrupp à Duisburg, respectivement. Les pénuries d'approvisionnement pour les clients en cas de basses eaux sont également préjudiciables à ces entreprises.

Certains représentants du secteur sont allés jusqu'à affirmer que les sites du Rhin supérieur étaient en cause en raison de développements futurs incertains. En 2023, l'entreprise Thyssenkrupp a réaffirmé que, sur le long terme, elle voyait des risques potentiels pour l'exploitation de son site de production à Duisburg.

Modèle CCNR



Source : Calcul CCNR. Selon les données Destatis (Fachserie 4, Reihe 3.1), la production manufacturière allemande représentait 739,2 milliards d'euros aux 3e et 4e trimestres 2018.

Figure 27 : Estimation des effets des basses eaux sur la production industrielle allemande (source : calcul CCNR basé sur des données de Destatis)

La chaîne logistique doit également s'adapter aux autres conséquences des basses eaux, tels que la gestion des stocks imprévus dans les ports maritimes et intérieurs, les marchandises étant stockées pendant des périodes plus longues que prévu, et les retards dans les activités de chargement et de déchargement, non seulement pour le transport par navigation intérieure, mais aussi pour d'autres modes de transport. Pour des entreprises comme thyssenkrupp, qui exploite également des ports dédiés au transport et à la manutention de leurs marchandises et à l'approvisionnement en matières premières, les phénomènes de basses eaux nécessitent des efforts de manutention accrus sur site et entraînent des coûts supplémentaires.

¹ L'entreprise chimique COVESTRO a également été impactée par la crise.

En outre, afin de maximiser les volumes de transport, il est nécessaire d'utiliser des bateaux de marchandises plus petits, plus résilients aux basses eaux, ce qui implique des modifications de la chaîne de transport. En effet, trois à quatre bateaux peuvent être nécessaires pour assurer le transport du même volume de marchandises généralement transporté sur un seul bateau.

En période de basses eaux, le transport par navigation intérieure devient donc une option coûteuse et peu fiable, entraînant :

- une augmentation des taux de fret (jusqu'à sept fois plus élevés qu'avec des niveaux d'eau normaux), directement liée à la pénurie de capacité de chargement des barges et à la disponibilité limitée de barges pouvant naviguer avec des niveaux d'eau bas,
- une augmentation importante du nombre de trajets nécessaires pour transporter des volumes équivalents de marchandises,
- des augmentations de coûts résultant de l'utilisation de modes de transport alternatifs et d'autres manques d'efficacité (par exemple, capacité de déchargement supplémentaire, efforts liés à l'optimisation de la manutention),
- un risque accru d'accidents (faibles niveaux d'eau combinés à des bateaux supplémentaires sur les voies navigables), augmentant ainsi les coûts d'assurance,
- des pertes de production, pour lesquelles une quantité importante d'énergie est nécessaire afin de diminuer ou d'augmenter l'ensemble de la production assurée en continu par les entreprises de l'industrie chimique ou sidérurgique, entraînant des pertes financières supplémentaires, et
- des goulets d'étranglement dans la distribution/clientèle, qui s'ajoutent au bilan.

Un report modal vers d'autres modes, notamment le rail et la route, est également une conséquence directe des basses eaux, en particulier pour les segments de marché où il existe une forte concurrence multimodale, comme dans celui du transport de conteneurs. C'est ce que montre l'évolution du trafic fluvial de conteneurs dans les ports rhénans suisses. Au premier semestre 2018, un report modal s'est opéré du rail vers la navigation intérieure en raison de l'accident de Rastatt (interruption de la ligne ferroviaire sur l'axe rhénan). Cela étant, l'épisode de basses eaux du second semestre 2018 a, à son tour, entraîné un report modal, mais cette fois sous la forme d'une perte de part de marché pour le transport fluvial, entraînant une diminution de 16 % du trafic de conteneurs sur le Rhin au cours du premier semestre 2019 par rapport à 2018. Un problème encore plus grave est l'effet durable que sont susceptibles d'avoir ces reports modaux liés à des incidents, étant donné que les chargeurs peuvent devenir plus réticents à choisir la navigation intérieure comme mode de transport.

3.2. Solutions

Mesures (y compris des mesures internes) sur le site de production du chargeur ou à proximité

Pour l'industrie, des réponses à court terme doivent être trouvées en cas de basses eaux et aboutir à une adaptation interne des entreprises, principalement par l'établissement de priorités entre les différentes unités commerciales, le suivi et la planification. Un exemple est la chaîne de décision mise en place chez BASF en cas d'étiage, comme illustré ci-dessous. Thyssenkrupp a en outre souligné, en 2023, que les communications de routine mises en œuvre se sont avérées efficaces pour faire face aux phénomènes de basses eaux.

L'exploitation des barges est pratiquement interrompue à des niveaux d'eau ≤ 60 cm; en octobre 2018, le niveau d'eau du Rhin à l'échelle de Kaub a atteint un niveau record de 31 cm

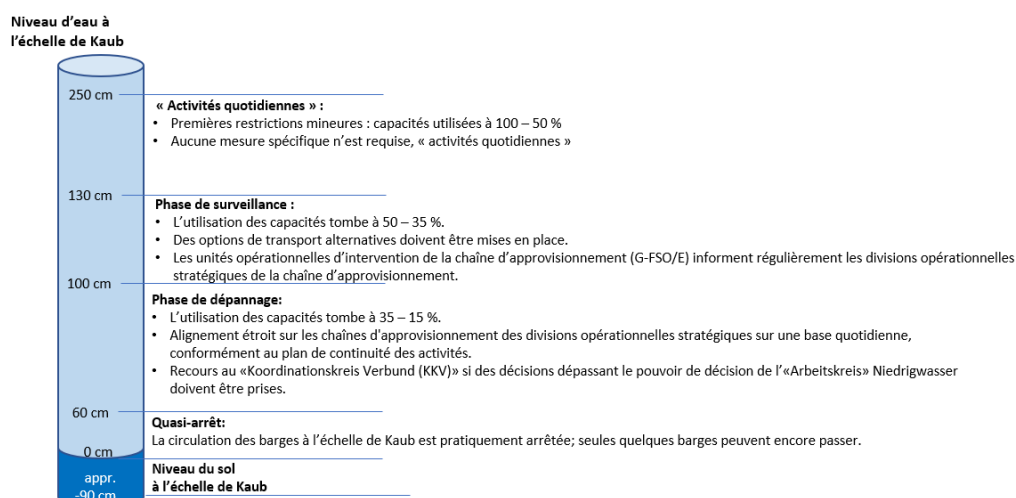


Figure 28 : chaîne décisionnelle mise en place chez BASF en cas d'étiage (source : BASF)

D'autres mesures mentionnées par thyssenkrupp comme étant mises en œuvre sur son site de production ou à proximité de celui-ci concernent également :

- l'optimisation de la capacité de manutention sur site
- l'augmentation du nombre d'inventaires réalisés sur site, la capacité de stockage supplémentaire pour les matières premières sur site et à proximité. En fait, thyssenkrupp a signalé que l'augmentation du nombre d'inventaires des stocks de matières premières contribuait à limiter partiellement les pertes de capacité de transport.

Capacité de transport

Au-delà de l'optimisation des bateaux et de la flotte, d'autres mesures telles que la gestion de la flotte ou la multimodalité recouvrent des exemples de meilleures pratiques. Les efforts visant à améliorer la capacité et la stratégie en matière de transport ont été reconnus par le Ministère fédéral allemand du numérique et des transports en 2023.

Contrats d'affrètement à temps

Une mesure qui a été testée et s'est révélée efficace lors de l'épisode de basses eaux de 2018 a été le recours à des barges dotées d'une capacité de tonnage accrue qui peuvent encore naviguer, même à des niveaux d'eau inférieurs, dans le cadre d'un contrat d'affrètement à temps à long terme¹. Pour un acteur industriel clé tel que BASF, cela permettait de garantir la capacité de transport de matières premières critiques, même si les niveaux d'eau devaient rester bas de manière prolongée.

Cette même mesure s'est également avérée efficace en 2022, parallèlement aux mesures d'adaptation des bateaux et à la mise à disposition sur demande de barges supplémentaires pouvant naviguer en période de basses eaux (à Kaub < 120 cm), étant donné que BASF a pu doubler le nombre de barges disponibles pendant l'épisode d'étiage extrême de juillet/août 2022. En 2022, une difficulté supplémentaire signalée par thyssenkrupp a été la nécessité de trouver les capacités disponibles pour compenser les volumes de marchandises plus faibles susceptibles d'être transportés par bateau étant donné que de nombreux bateaux étaient déjà sous contrat avec des centrales électriques pour assurer le transport du charbon (également en plein essor pendant cette période).

¹ Affrètement de bateaux de transport pour une période déterminée au lieu d'un certain nombre de trajets ou de déplacements.

Multimodalité

L'existence de solutions modales alternatives et la poursuite de la coopération avec d'autres modes de transport — en particulier ferroviaire — est, en tout état de cause, considérée comme l'une des solutions dont on dispose pour faire face à d'éventuels phénomènes de basses eaux susceptibles de se reproduire à l'avenir. Il importe de garder à l'esprit que l'organisation de l'approvisionnement en marchandises (produits finis ou matières premières) à travers un mode alternatif mis en place en cas de crise n'est pas un processus facile, en particulier pour des raisons de capacités (dans le secteur ferroviaire, celles-ci sont limitées et ne peuvent pas compenser tous les volumes de la navigation intérieure en cas d'étiage) et de restrictions techniques/infrastructurelles, auxquelles s'ajoutent les installations techniques pour le chargement et le déchargement sur les sites de production. Elle s'accompagne en outre de coûts supplémentaires. **Thyssenkrupp a une nouvelle fois insisté sur ce point en 2023. Pour autant, le report** vers d'autres modes en cas d'étiage est particulièrement pertinent pour garantir l'approvisionnement en matières premières/produits finaux critiques et compenser quelque peu les capacités insuffisantes des barges (pas pour l'ensemble des volumes). **Thyssenkrupp a indiqué avoir conclu un marché pour une capacité de transport ferroviaire supplémentaire à long terme afin de pouvoir faire face aux périodes de basses eaux. Le Port de Strasbourg a également indiqué que, en périodes de basses eaux, un report modal temporaire vers d'autres modes peut également être une option pour pouvoir assurer le transport de certaines marchandises, en particulier les produits conteneurisés.** Pour favoriser la multimodalité en cas d'incidents de ce type, un passage rapide à d'autres modes dans les terminaux doit être possible, ce qui peut nécessiter la construction de nouveaux points de chargement et/ou la modification/ optimisation des points de chargement existants. **En général, les deux modes de transport peuvent en tirer un bénéfice mutuel en cas d'interruptions ou de congestion sur les voies navigables intérieures ou les corridors ferroviaires.**

Adaptation des concepts de logistique, de manutention et de stockage

Outre les mesures susmentionnées, l'adaptation des concepts de logistique et de stockage fait partie de l'éventail de mesures disponibles pour favoriser la résilience du transport fluvial aux étiages.

Pour les acteurs clés de l'industrie, une solution pourrait être l'expansion des capacités de manutention dans les ports situés à proximité des sites industriels. Cela nécessiterait cependant une solide connexion, actuellement inexistante, de l'arrière-pays à un autre mode de transport — tel que le rail — pour prendre en charge la capacité requise depuis/vers les ports ARA (Amsterdam-Rotterdam-Anvers). **En outre, les États responsables devraient évaluer positivement les possibilités d'augmenter la capacité de stockage en citerne dans les parcs chimiques.**

À l'avenir, il sera indéniablement nécessaire d'augmenter la capacité de stockage pour mieux faire face aux périodes de basses eaux et avoir suffisamment de marchandises en stock même en de telles périodes. Cela signifie que les logisticiens doivent pouvoir disposer de plus grands entrepôts à leurs destinations finales. En ce qui concerne l'approvisionnement en matières premières, ces installations de stockage devraient se trouver le plus près possible des sites de production.

La reconfiguration opérationnelle des sites logistiques (par exemple, des heures d'ouverture plus longues et une utilisation pendant le week-end) pourrait également être une option.

Dialogue solide entre toutes les parties prenantes dans les domaines politique/administratif, logistique et industriel

Dernier point, mais non des moindres, un dialogue intensifié au sein de la communauté logistique peut être nécessaire pour anticiper de tels incidents et être en mesure de fournir une réponse rapide en cas de nouvelle crise. À titre d'exemple, des manuels de gestion internationale des imprévus destinés aux entreprises ferroviaires¹ et aux gestionnaires d'infrastructure² ont été publiés en décembre 2019 et en mai 2018, respectivement, afin d'éviter des perturbations majeures du réseau ferroviaire européen, comme l'incident de Rastatt en 2017, lorsqu'un tunnel en construction s'est effondré, fermant la voie ferrée de la vallée du Rhin pendant six semaines. Il convient de se demander si, à court ou moyen terme, un tel outil pourrait être utile au transport par navigation intérieure pour mieux faire face aux faibles niveaux d'eau et, plus généralement, si un manuel multimodal pourrait être élaboré en cas d'incidents touchant tous les modes de transport.

Il est impératif que soit élaboré à l'avance un plan d'urgence pouvant être mis en œuvre en cas d'épisode de basses eaux. Il devrait inclure tous les acteurs associés au processus dans tous les modes de transport.

4. Infrastructure physique

4.1. Impacts

Les infrastructures sont davantage susceptibles d'être directement impactées en cas de crues plutôt qu'en cas de basses eaux. Les basses eaux peuvent toutefois avoir un impact indirect important en raison de la densité accrue du trafic et de la réduction du pied de pilote, ce qui entraîne une augmentation de la contrainte de cisaillement sur le lit du fleuve et peut constituer un obstacle à la navigation. En périodes de basses eaux notamment, les conflits au sujet de ressources en eau moins abondantes pourraient augmenter, étant donné que la demande émanant des autres utilisateurs et utilisations, tels que l'approvisionnement en eau potable, l'agriculture, l'industrie et la production d'énergie, pourrait devenir plus importante. Les impacts possibles pourraient varier en fonction de la section du Rhin concernée et de ses caractéristiques hydromorphologiques. (Voir également le chapitre 1.3 sur l'hydrologie et le changement climatique.)

Chenal navigable

Un fond fluvial stable et résistant est préférable pour la navigation intérieure. Cela définit l'objectif des travaux d'entretien des administrations des voies navigables. Cependant, les fonds des cours d'eau naturels ne présentent pas ces caractéristiques statiques. Du point de vue de la restauration et de la préservation de la nature, un fond fluvial dynamique serait plus favorable. La mise en œuvre de la directive-cadre relative à l'eau de l'UE (directive 2000/60/CE) a permis d'améliorer la communication et la compréhension entre les différents usagers des cours d'eau. Dans une prochaine étape, il faudra identifier des objectifs communs, planifier les mesures selon une approche intégrée et coordonner les différents usages et usagers. En outre, les effets du changement climatique devront être anticipés lors de l'identification de mesures susceptibles de devoir être prises pour stabiliser l'état des chenaux navigables, ce qui permettra de garantir du même coup le bon déroulement des processus dynamiques intervenant dans le transport des sédiments.

¹ https://uic.org/IMG/pdf/railway_undertaking_s_handbook_for_international_contingency_management_1.0.pdf

² https://www.corridor-rhine-alpine.eu/files/downloads/european_context/InternationalContingencyManagementHandbook_RFCs.pdf

Écluses

Les basses eaux peuvent encore avoir d'autres effets, par exemple sur le fonctionnement des écluses. Sur le Rhin supérieur, en revanche, le débit est suffisant toute l'année pour garantir le passage et le fonctionnement des écluses.

Bien que l'impact des basses eaux soit assez limité sur les infrastructures des voies navigables intérieures, ces infrastructures font partie intégrante des solutions pour faire face aux effets des basses eaux.

Interaction avec d'autres utilisateurs et utilisations

Une étude réalisée par CHR/Deltares montre que l'eau de fonte des glaciers et des neiges manquera à moyen et à long terme, ce qui entraînera des situations de basses eaux plus fréquentes sur le Rhin entre Bâle et la mer du Nord. La demande croissante en eau de la nature, de la société et des secteurs économiques augmentera les risques de faible débit. Les liens intersectoriels et les compromis qu'il faudra faire en ce qui concerne l'utilisation et la répartition de l'eau dans le cadre du changement climatique doivent être identifiés et intégrés dans la planification des bassins hydrographiques. La CHR a invité la CCNR à lui transmettre ses questions de recherche sur les débits futurs du Rhin, ainsi que sur les scénarios socio-économiques, afin que la science puisse fournir les modèles et les résultats nécessaires pour une prise de décision éclairée.

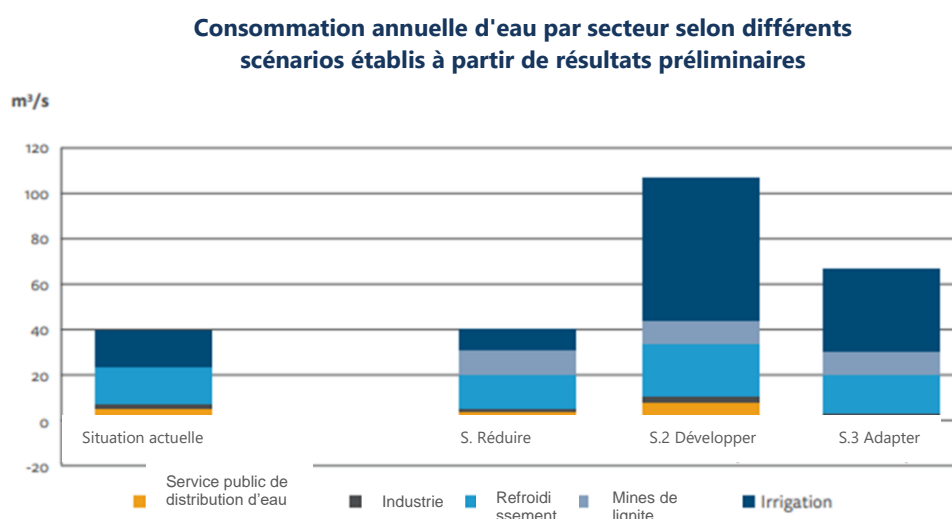


Figure 29: Consommation annuelle d'eau par secteur selon divers scénarios

Un premier aperçu global des scénarios socio-économiques par rapport au débit du Rhin (CHR 2019) montre les effets des changements dans la disponibilité et l'utilisation de l'eau. La consommation d'eau du service public de distribution de l'eau et de l'industrie est faible et reste mineure. Les informations sur la consommation d'eau pour l'irrigation et le refroidissement – aujourd'hui et à l'avenir – sont maigres, peu claires et incertaines. À l'avenir, une quantité importante d'eau sera nécessaire pour procéder à l'inondation des mines de lignite. Dans les scénarios futurs, la consommation d'eau dans le bassin fluvial rhénan pourrait passer de 50-75 m³/s à 200-250 m³/s en été. Ainsi, ces secteurs doivent également mettre en œuvre des mesures pour réduire ou adapter leurs besoins en eau.

4.2. Solutions

Lors de l'examen des mises à niveau des infrastructures, il a été proposé d'instaurer un dialogue social en tant qu'élément clef pour créer des conditions de concurrence équitables entre l'ensemble des utilisateurs et des utilisations. L'Allemagne l'a déjà fait afin d'intensifier le dialogue professionnel entre tous les acteurs concernés le long du Rhin. Cela peut faciliter les échanges de vues et d'idées concernant l'impact des étiages extrêmes sur les différents acteurs et la nécessité d'agir en conséquence. Cela peut également favoriser la sensibilisation du public et l'acceptation des mesures qui seront à l'avenir nécessaires pour s'adapter aux changements climatiques le long du Rhin.



Figure 30 : Plan d'action « Basses eaux du Rhin » (source : BMDV¹)

Aux Pays-Bas, le développement des voies d'eau est abordé dans l'« Integrated River Management Programme ». Celui-ci comprend toutes les activités fluviales, y compris la protection contre les inondations, la gestion de l'eau, l'approvisionnement en eau potable, le développement de la nature, l'agriculture et la navigation intérieure. Le programme vise à concilier, d'une part, toutes les fonctions liées aux développements envisagés et, d'autre part, les périodes de basses eaux et de crues et l'élévation prévue du niveau de la mer. Le programme est géré par le ministère néerlandais des infrastructures et de la gestion de l'eau et fait intervenir d'autres ministères, provinces et conseils locaux de gestion de l'eau. Il existe déjà un accord pour adapter le lit des voies d'eau concernées afin d'assurer de meilleures conditions de navigation pendant les périodes de basses eaux.

La tâche consistant à prendre des dispositions aux fins de l'adaptation des voies navigables aux changements climatiques est urgente et complexe. Il est souhaitable d'adopter une approche internationale avec partage des connaissances pour pouvoir mettre en place, à terme, les solutions intégrées envisageables. Les programmes actuels mis en œuvre en Allemagne (Plan d'action « Basses eaux du Rhin ») et aux Pays-Bas (« Climate-proof Networks/Main Waterways Network ») et « Integrated River Management ») peuvent, tout en se renforçant mutuellement, servir à inventorier les conséquences du changement climatique et à développer des perspectives d'action sur la manière de renforcer l'adaptation au climat des voies navigables dans les différentes sections du Rhin.

¹ [Plan d'action « Basses eaux du Rhin »](#)

Entretien des voies de navigation

Des travaux de maintenance bien planifiés et bien exécutés sont essentiels pour garantir la navigabilité d'un chenal pendant les périodes de basses eaux. Sur le Rhin, ces travaux d'entretien relèvent de la compétence des administrations ou des opérateurs des voies navigables, conformément à des standards de qualité élevées. Ces standards devront également être tenus à jour à l'avenir, mais pourraient devoir subir des ajustements pour tenir compte de l'accessibilité d'un chenal navigable en période de basses eaux et des effets du changement climatique. Les mesures d'entretien comprennent, entre autres, un état des lieux effectué au moyen de levés, ainsi que des opérations de dragage, d'adaptation des épis existants et des travaux parallèles au chenal, l'apport de sédiments artificiels et la mise en œuvre de concepts modernes, comme ceux d'œuvrer avec la nature et de mettre en place des épis flexibles, lorsque cela est possible.

Mises à niveau des voies de navigation

Des mesures d'optimisation de l'enfoncement des bateaux sur la section allemande du Rhin sont définies dans le « Bundesverkehrswegeplan 2030 » (plan fédéral des voies de communication), instrument central de planification du système de transport allemand, couvrant tous les modes de transport. Le projet relatif à l'« Optimisation de l'enfoncement des bateaux sur le Rhin moyen » conduit à une augmentation de la profondeur du chenal navigable, qui passe de 1,90 m à 2,10 m, et le projet relatif à l'« Optimisation de l'enfoncement des bateaux sur le Rhin inférieur », à une augmentation de la profondeur du chenal navigable, qui passe de 2,50 m à 2,70/2,80 m. Bien que, pour le transport, les avantages de l'optimisation de l'enfoncement des bateaux soient majeurs lorsque les niveaux d'eau normaux sont compris entre faible et moyen, ils peuvent néanmoins contribuer à réduire les temps d'immobilisation en cas d'étiages extrêmes. Ces mesures devraient être réalisées dès que possible.

En 2022, le ministère fédéral allemand du numérique et des transports (BMDV) a mis en place une commission dédiée à l'accélération du projet sur le Rhin moyen. Celle-ci a été chargée d'identifier les possibilités d'accélération aux fins d'une mise en œuvre plus rapide de la mesure. Toujours en 2022, l'Institut fédéral allemand des ouvrages hydrauliques (Bundesanstalt für Wasserbau - BAW) a réalisé des études¹ concernant les options envisageables en matière d'ingénierie hydraulique, qui ont servi à déterminer initialement le potentiel de différentes solutions destinées à augmenter la navigabilité sur le Rhin moyen en périodes de basses eaux.

Des préoccupations générales ont été exprimées concernant la **protection de l'environnement**. Il convient de prendre en compte les usages multiples et les différents usagers du Rhin pour tous les projets. Ce fleuve n'est pas seulement une voie de navigation intérieure, mais aussi une source d'eau potable, un habitat pour les animaux et les plantes et une ressource importante pour les loisirs. Par conséquent, toutes les mesures d'infrastructure possibles doivent être discutées démocratiquement, équilibrées, et leurs effets négatifs éventuels compensés, ce qui peut conduire à des procédures d'autorisation de projet plus longues. Il a été déclaré que la communication et la coopération entre les différents usagers avaient déjà été intensifiées et que l'identification d'objectifs communs était en cours. Une alliance des usagers et des riverains du Rhin est à l'étude, dans le cadre du plan d'action « Basses Eaux du Rhin » élaboré par le Ministère fédéral allemand des transports et des infrastructures numériques (BMVI) en collaboration avec l'industrie et les associations. Ainsi, des solutions profitant à toutes les parties prenantes (« win-win ») semblent possibles si, dès le début de la planification du projet, une approche intégrée est mise en œuvre, les usages sont hiérarchisés et les ressources naturelles sont protégées. Un meilleur équilibre entre les exigences du règlement RTE-T² et celles de la directive cadre relative à l'eau (DCE) sera essentiel pour la poursuite du développement des voies navigables et la restauration des cours d'eau.

¹ <https://henry.baw.de/items/7ea270f6-f8d6-49cd-8504-482fd56dea16>

² Règlement (UE) n° 1315/2013 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2013 sur les orientations de l'Union pour le développement du réseau transeuropéen de transport : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32013R1315>

Dans le même temps, la durée déjà extrêmement longue de ces **procédures d'autorisation de projets**, a essuyé des critiques de la part de certaines parties prenantes à la navigation intérieure, qui ont demandé une accélération significative des processus de planification et d'autorisation. En effet, en raison de leur longueur, il a été reconnu que ces procédures risquent de compromettre sérieusement le développement de l'infrastructure des voies navigables et donc aussi de dissuader les industries susceptibles de s'installer le long du Rhin.

Gestion de l'eau

Il a également été constaté qu'il fallait améliorer la gestion de l'eau sur le Rhin. L'accent doit être mis sur le maintien nécessaire de l'eau dans le système, en particulier en période de crues et de basses eaux, en la stockant ou en prolongeant le cycle d'utilisation de l'eau.

Il a également été suggéré de retenir des volumes plus importants d'eau dans les lacs situés en amont, tels que le lac de Constance ou les lacs des Alpes suisses. En collaboration avec d'autres parties prenantes et organisations concernées, des possibilités de garantir un débit suffisant en période de sécheresse devront être étudiées plus avant en tant que solutions à moyen et à long terme.

Cependant, la construction de nouveaux réservoirs / barrages est également très controversée et critiquée par les défenseurs de l'environnement et la CIPR en raison de son impact négatif sur le paysage et l'environnement (par exemple sur la migration des poissons et le transport des sédiments) et doit également être examinée dans le contexte de la directive-cadre sur l'eau et du principe de non-détérioration.

Les réservoirs d'eau jouent un rôle majeur dans la redistribution du débit dans le temps. L'Institut fédéral d'hydrologie (BfG) a réalisé une étude¹ pour déterminer dans quelle mesure des réservoirs pourraient compenser de faibles niveaux d'eau dans le bassin fluvial rhénan. Le potentiel de ces solutions dépend fortement des besoins des autres utilisateurs et utilisations.

Les options susmentionnées en matière de gestion de l'eau ne tiennent à ce jour nullement compte des changements concernant la disponibilité et l'utilisation de l'eau. Comme indiqué plus haut, la CHR étudie les scénarios socio-économiques selon lesquels une première tendance montre que la consommation d'eau dans le bassin du Rhin pourrait passer de 50-75 m³/s à 200-250 m³/s en été. Ainsi, les autres utilisateurs et utilisations devront également mettre en œuvre des mesures pour réduire ou adapter leurs besoins en eau.

5. Outils numériques et services d'information

Les outils numériques présentent des solutions pour soutenir la navigation intérieure, et pas uniquement pendant des épisodes de basses eaux, en fournissant à celle-ci des informations en temps réel sur la profondeur disponible dans le chenal navigable, des prévisions de niveau d'eau à court et à long terme, des données sur l'intensité du trafic et d'indiquer l'heure d'arrivée estimée (ETA). Il incombe en partie au secteur de la navigation intérieure et en partie aux administrations compétentes des voies navigables de développer davantage ces solutions. **Cela étant, les phénomènes de basses eaux sont susceptibles d'encourager l'utilisation de ces outils numériques.**

¹ <https://doi.bafg.de/BfG/2022/BfG-2100.pdf>

Informations disponibles sur les dimensions du chenal navigable et concept de corridor à emprunter en cas de basses eaux

Les informations sur la profondeur du chenal navigable sont généralement disponibles auprès des administrations des voies navigables compétentes. Ces informations ne sont cependant pas souvent à jour lors de leur publication, car la post-production des enquêtes prend du temps. Par conséquent, une marge de sécurité importante est ajoutée aux mesures publiées pour compenser le retard. Afin de mieux utiliser la profondeur réelle disponible dans le chenal navigable, le projet COVADEM a développé un système permettant de distribuer en temps réel les données de profondeur mesurées à bord des bateaux de navigation intérieure. En utilisant ce système, le conducteur a une meilleure compréhension de la situation réelle et peut ainsi optimiser le chargement du bateau, voir <https://www.covadem.org>. Dans une prochaine étape, les administrations des voies navigables pourraient intégrer les résultats de leurs mesures qui serviront de données de référence afin d'accroître encore l'exploitabilité du système.



Figure 31 : Acquisition de données COVADEM (Source : RWS)

En outre, une possibilité à développer plus avant est la capacité des barges à échanger entre elles des relevés dynamiques en temps réel. Cela permettrait à un bateau navigant en tête d'informer ceux qui le suivent. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'une couverture réseau complète sur toute la longueur du Rhin. Aujourd'hui, certains itinéraires sont dépourvus de connexion Internet.

Parallèlement aux initiatives privées, l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation fournit également, en tant que solution intermédiaire, un atlas des profondeurs via le service électronique d'information sur les voies navigables (www.elwis.de)¹. Depuis l'automne 2022, le processus de création de la couche de profondeur des cartes électroniques de navigation intérieure est testé dans trois sections pilotes. Ensuite, ces données sont transmises au fur et à mesure à la navigation rhénane. En outre, l'option consistant à établir, dans le chenal navigable existant, un corridor à emprunter en cas de basses eaux, est actuellement à l'étude. Pour l'avenir, la mesure (partiellement) autonome est à l'étude dans une perspective d'optimisation des processus de mesure et d'évaluation en utilisant l'intelligence artificielle et des véhicules de surface sans pilote (USV) (pour la mise en œuvre, encore au stade préparatoire, prévoir 7 ans).

¹ <https://www.elwis.de/DE/Service/Tiefenatlas-Rhein/Tiefenatlas-Rhein-node.html>

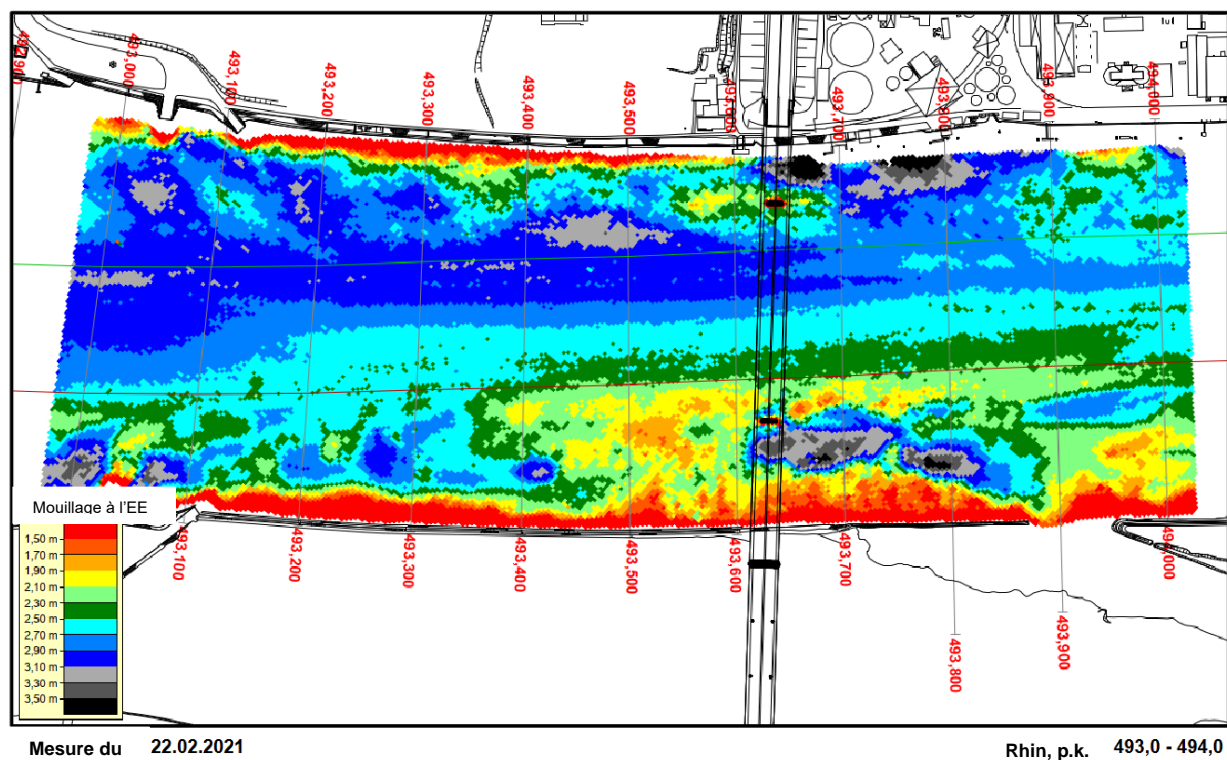


Figure 32 : Atlas des profondeurs du Rhin (source : Elwis.de)

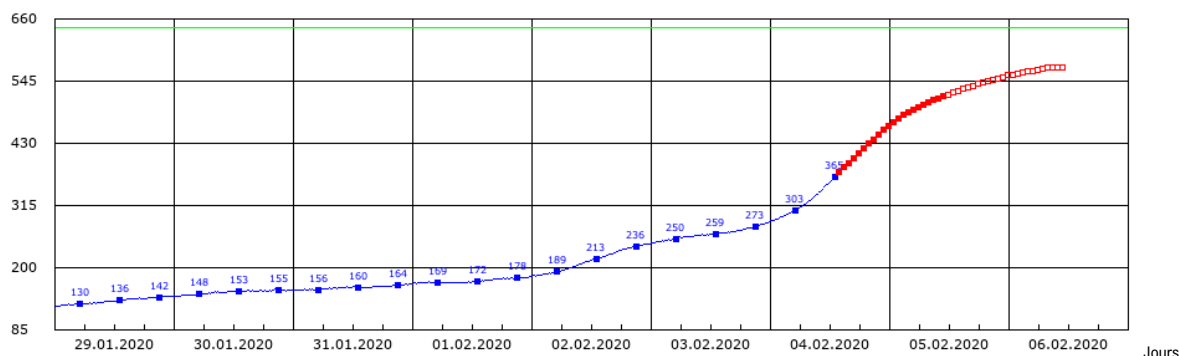
Prévisions relatives aux niveaux d'eau

Depuis l'atelier tenu en 2018, de nouveaux services d'information concernant les prévisions relatives aux niveaux d'eau ont été mis à disposition par l'Administration allemande (BfG et WSV). Pendant leur présentation, BASF et thyssenkrupp ont souligné les avantages que présentent ces nouveaux services pour la préparation et la planification de leurs transports et de leur production. Contrairement à 2018, il est désormais possible d'estimer, de manière continue pendant 6 semaines, la situation de faible débit en cours. En ce qui concerne les sept échelles pertinentes sur le Rhin, des prévisions relatives aux niveaux d'eau sont disponibles pour une période allant jusqu'à quatre jours.

Kaub

Niveaux d'eau au cours des 7 derniers jours et niveau d'eau prévu au 04.02.2020 à 13 :45

Niveau d'eau en cm

**Plus hautes eaux navigables (PHEN = 640 cm)**

Prévisions et estimations du 02.02.2020 à 11 :00, source HMZ (Centre d'annonce des crues du Rhin)

Il y a des prévisions de niveau d'eau à 10 jours pour ce niveau. Elle est disponible via la page web ELWIS de prévisions des niveaux d'eau.

Figure 33 : Niveau d'eau et prévisions à 4 jours (source : Elwis.de)

Des prévisions probabilistes à 14 jours pour les échelles rhénanes sélectionnées constituent un nouveau service doté d'une résolution horaire à journalière. Ces prévisions plus étendues ont été développées par le BfG dans le cadre de projets de recherche (dont IMPREX¹) et sont accessibles via le système ELWIS (www.elwis.de) de l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation. Ce système de prévisions est opérationnel depuis juillet 2022 (en remplacement du système de prévisions à 10 jours, opérationnel depuis 2019) ; il est actualisé journalièrement.

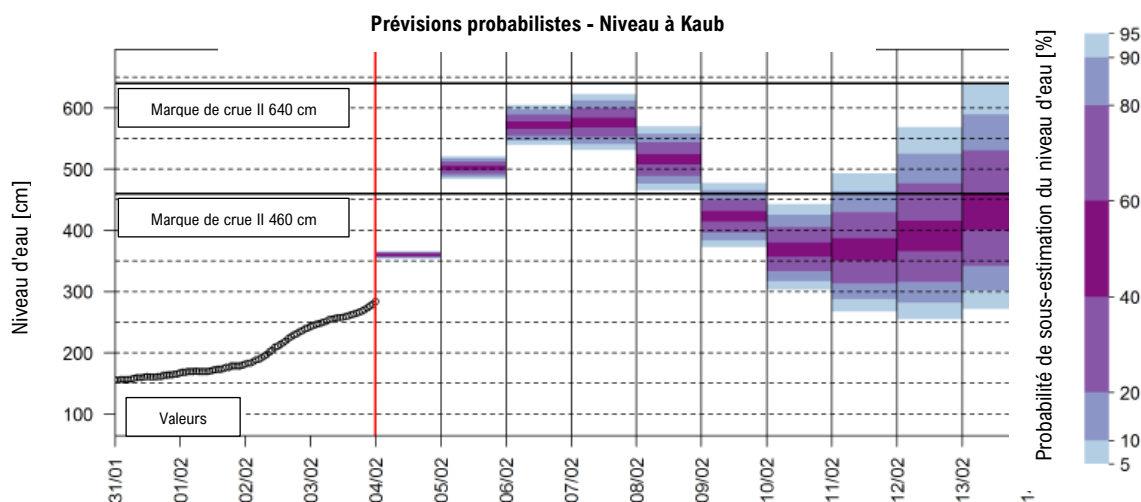


Figure 34 : Prévisions plus étendues pour les niveaux d'eau (prévisions à 14 jours, source : Elwis.de)

L'objectif des prévisions à 14 jours consiste à aider les conducteurs de bateaux et les chargeurs à planifier et à optimiser leurs opérations de chargement et de transport et à éviter les situations critiques en matière de trajet, comme un tirant d'eau inapproprié pour la profondeur disponible dans le chenal navigable. Cela se produit généralement lorsque les conditions hydrologiques sont mal évaluées lors du chargement et que les informations appropriées sur le niveau d'eau ne sont pas disponibles pour toute la durée du trajet. Les nouvelles prévisions visent à empêcher que cela ne se produise.

¹ <https://www.imprex.eu/central-european-rivers>

D'autres projets de recherche et développement du BfG ont conduit à un système probabiliste de prévisions du débit fluvial et des niveaux d'eau à 6 semaines. Le système est opérationnel pour les voies navigables du Rhin et de l'Elbe depuis juillet 2022. Il offre une résolution hebdomadaire et des mises à jour bihebdomadaires pour trois échelles rhénanes et est également accessible via ELWIS. L'objectif des prévisions à 6 semaines est de planifier la logistique en fonction de paramètres tels que les stocks et la capacité.

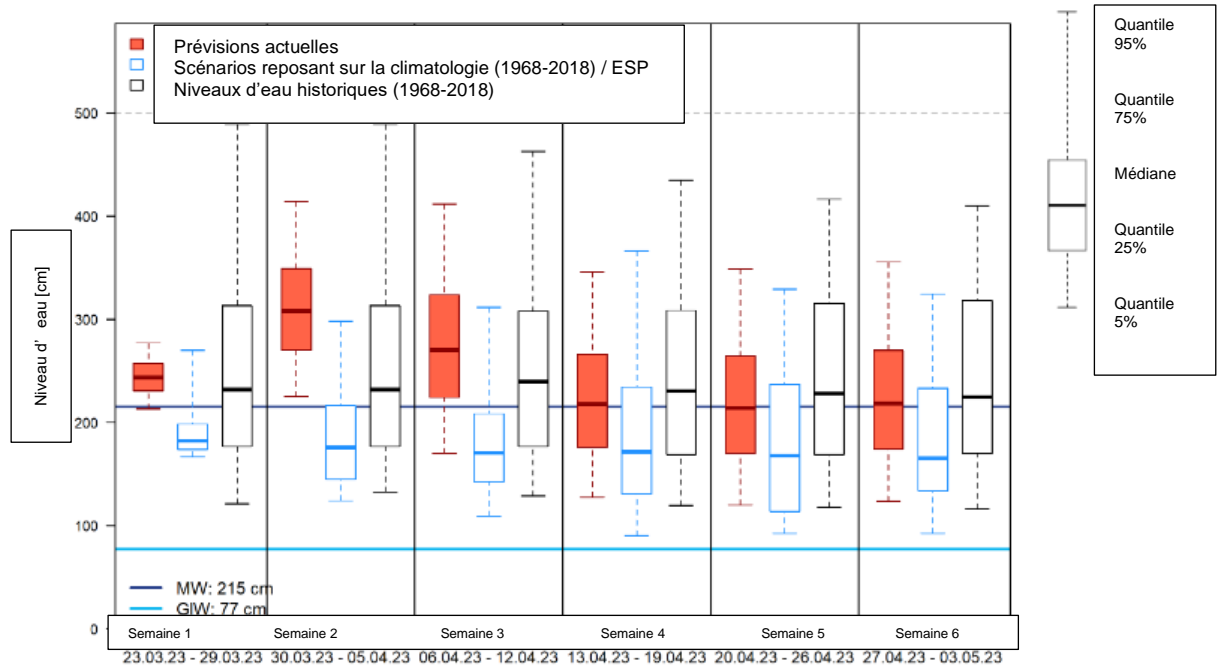


Figure 35 : Prévisions probabilistes à 6 semaines (Source : Elwis.de)

Comme mentionné plus haut (section 1.2), le service d'appui « climat et eau », qui s'inscrit dans le cadre de la stratégie allemande d'adaptation au changement climatique (DAS-Basisdienst « Klima und Wasser »), fournit des projections du débit fluvial, des niveaux d'eau et de la température de l'eau basées sur des ensembles de modèles climatiques actuels (par exemple CORDEX, RCP8.5, entre autres scénarios) pour le Rhin, le Danube, l'Elbe, la Weser, l'Ems et les voies d'eau côtières avec une résolution journalière allant jusqu'à 2100. Le service est opérationnel depuis décembre 2020 et développe des produits d'information et des scénarios en fonction des cycles définis par le GIEC et de la « stratégie allemande d'adaptation au changement climatique » (DAS).

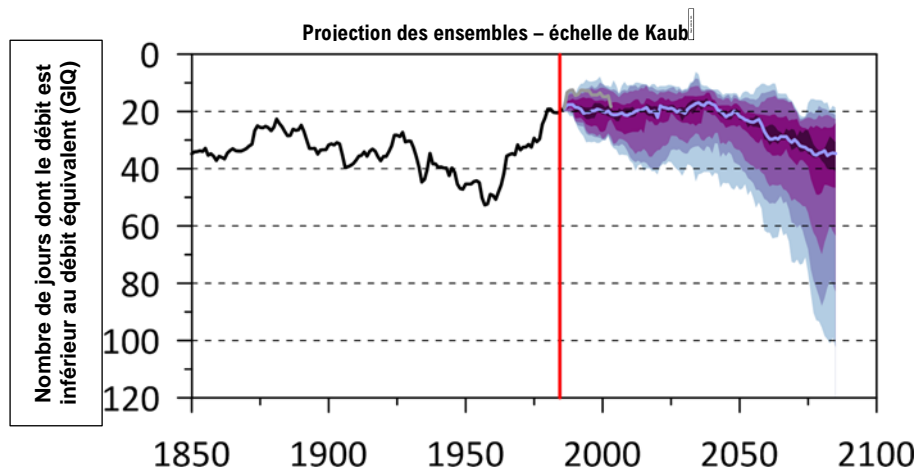


Figure 36 : Projection probabiliste à 100 ans (Source : BfG)

Les informations relatives à la navigation intérieure et au transport fournies par le service susmentionné sont accessibles via le portail climatique <https://ws-klimaportal.bafg.de>. Des informations supplémentaires peuvent être consultées à l'adresse <https://www.das-basisdienst.de/>. L'objectif consiste à soutenir la planification stratégique, regroupant notamment les concepts et les infrastructures de transport. C'est également un pilier majeur pour le nouveau flux de tâches incombant, depuis le mois d'avril 2021, à l'Administration allemande des voies navigables et de la navigation (WSV), afin de satisfaire aux exigences légales actuelles concernant la prise en compte du changement climatique.

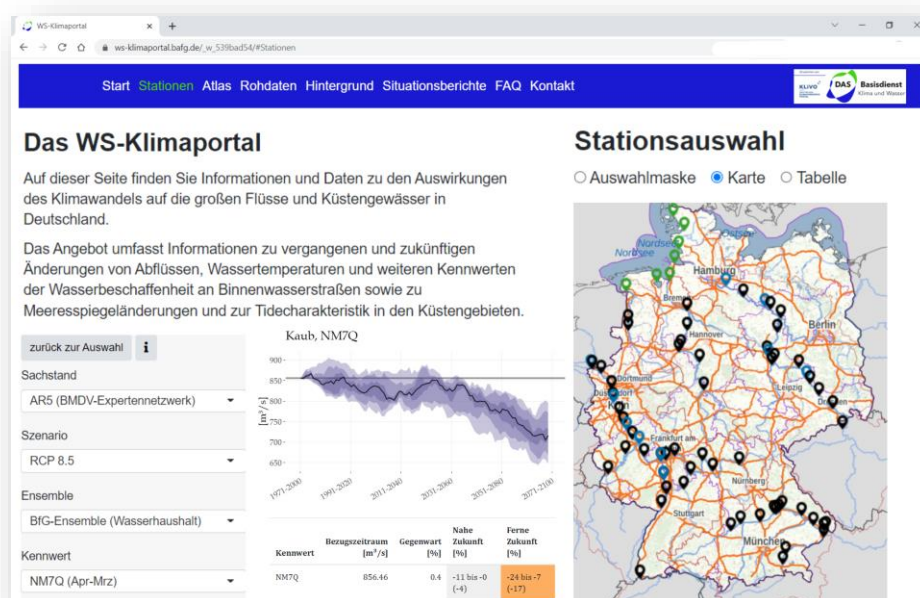


Figure 37 : Portail climat (Source : BfG)

Le modèle hydrologique fait l'objet d'un processus continu de maintenance et d'amélioration. Par exemple, des mesures de gestion de l'eau ou des besoins en eau de divers secteurs sont mises en œuvre, permettant d'établir des liens avec des scénarios climatiques et socio-économiques.

Gestion des corridors

La gestion des corridors peut fournir des outils permettant de mieux gérer les flux de trafic dans un corridor. Cela peut conduire à moins de congestion, une consommation réduite de carburant, une augmentation de la capacité de chargement, une meilleure coordination entre les chargeurs, les terminaux et les exploitants de bateaux, ainsi qu'à une efficacité globale accrue de l'ensemble de la chaîne de transport.

Le concept de gestion des corridors vise à améliorer et à relier les SIF présents sur un itinéraire ou un réseau afin de fournir des données SIF, non seulement localement, mais aussi aux niveaux régional, national et international. Par conséquent, la gestion des corridors soutiendra la planification des itinéraires et des trajets, ainsi que la gestion du transport et du trafic. À cet égard, la gestion des corridors est définie comme un ensemble de services d'information partagés entre les autorités des voies navigables et avec les usagers des voies navigables et les partenaires logistiques concernés afin d'optimiser l'utilisation des corridors de navigation intérieure au sein du réseau de voies navigables européennes.

La mise en œuvre des approches susmentionnées se heurte actuellement aux contraintes suivantes :

- Disponibilité de données en temps réel
- Délai de production des prévisions
- Différents prestataires de services
- Intégration de l'information.

Les informations collectées par les administrations ou les opérateurs pourraient être intégrées dans une approche par corridor suivant l'exemple de RIS COMEX¹. 15 partenaires de 13 pays européens ont uni leurs forces dans le cadre de ce projet, à savoir le plus grand projet de mise en œuvre des SIF en Europe à ce jour. Le projet a été achevé avec succès en juin 2022, aboutissant à la plateforme web EuRIS², une plateforme SIF multilingue d'Europe centrale. Les SIF, tels qu'EuRIS, peuvent aider les conducteurs à identifier les postes d'amarrage disponibles en cas de demande accrue en raison des basses eaux.



Figure 38 : Gestion de corridor par EuRIS (Source : eurisportal.eu)

Dans la continuité de l'approche suivie pour la gestion des corridors, le projet NOVIMOVE a développé, entre autres systèmes, le système intelligent de navigation fluviale (Smart River Navigation System, SRNS) intégrant deux concepts : un système de navigation intelligent (Smart Navigation System, SNS), dans le but d'optimiser l'exploitation des bateaux (réduit la consommation de carburant et augmente la capacité de chargement), et un système de planification dynamique (Dynamic Scheduling System) pour améliorer la gestion du corridor en optimisant la planification du passage aux écluses et aux ponts afin de réduire les temps d'attente et de disposer d'itinéraires fiables. Le système utilise des services déjà développés, tels que des informations sur la profondeur disponible dans le chenal navigable à l'aide du boîtier Covadem et des services Covadem Cloud.

Dans une perspective à moyen et long terme, l'optimisation du contrôle de la chaîne d'approvisionnement (par exemple, le recours au suivi et à la traçabilité dynamiques) est également apparue comme une solution.

¹ <https://www.riscomex.eu/>

² <https://www.eurisportal.eu/>

6. Conclusions et prochaines étapes

La nécessité d'actions de suivi énergiques et immédiates a été clairement exprimée au cours des deux ateliers. Le transport fluvial doit se préparer à des périodes de sécheresse plus longues et à des épisodes plus extrêmes. Pour garantir sa fiabilité et sa compétitivité à long terme, la navigation intérieure doit donc devenir plus résiliente en cas d'épisodes de basses eaux. Afin d'accroître cette résilience, il faut envisager un large éventail de mesures à mettre en œuvre par différentes parties prenantes, des mesures qui ne concernent pas seulement le transport fluvial. Il est cependant évident que les mesures susceptibles d'être mises en œuvre par le secteur privé atteindront leurs limites. Le secteur privé ne pourra pas faire face à ces évolutions à lui seul, et les politiques publiques auront un rôle essentiel à jouer.

Les **mesures requises sont déjà bien connues et prêtes à être appliquées**. D'ailleurs, la période de basses eaux qui a touché le transport fluvial en 2018 et 2022 a montré qu'il était urgent d'agir. En guise de premier pas vers la mise en œuvre des mesures applicables, il y a eu un consensus clair parmi les acteurs clés de la navigation intérieure pour que soient mises à disposition des ressources adéquates en matière de financement et de planification.

Les ateliers ont donc mis en lumière le type de mesures et d'actions qui devraient être menées à bien pour favoriser la résilience du transport fluvial aux basses eaux. La mise en œuvre de mesures à court, moyen et long terme est désormais nécessaire dans les domaines des infrastructures, de la flotte, des chargeurs, de la logistique et de l'industrie.

La CCNR prévoit également de futures activités, sous forme d'ateliers et de tables rondes, pour continuer à soutenir l'identification et la mise en œuvre de projets et de mesures et à stimuler les activités de recherche.

Mesures transversales et nationales

De nombreux participants à l'atelier ont préconisé des **actions coordonnées de l'UE**. En effet, bien que les phénomènes de basses eaux soient généralement des problèmes régionaux, l'impact des basses eaux sur le transport fluvial est ressenti à l'échelle paneuropéenne. Par conséquent, certaines réflexions sur la manière de faire face à de tels épisodes à l'avenir pourraient également être discutées au niveau de l'UE, éventuellement **au niveau des autres commissions fluviales, du groupe d'experts dédié à la mise en œuvre de Naiades II ou des corridors**.

Il est nécessaire de pousser plus loin la coordination et l'**harmonisation des objectifs de la directive-cadre relative à l'eau (DCE) et du Règlement RTE-T**. Une première initiative visant à amorcer le processus de coordination prévu par la DCE a déjà été lancée par le groupe d'action de la navigation de l'AIPCN. Ce processus doit être davantage développé et intensifié, et les parties prenantes doivent être associées à l'harmonisation.

Au cours de l'atelier, l'**intensification du dialogue** entre l'industrie, la logistique, la politique et les associations environnementales a été identifiée comme une mesure nécessaire. Pour favoriser et encourager ce dialogue, et pour en assurer un suivi satisfaisant, une action concrète de la CCNR pourrait consister à organiser régulièrement (par exemple tous les deux ans) des « discussions sur les basses eaux » avec les acteurs concernés. **Ces éléments ont été confirmés en 2023, ainsi que la nécessité d'une coopération transfrontalière forte entre les États riverains du Rhin.**

Des plans d'action sont déjà en cours d'élaboration au niveau national, notamment le plan d'action « Basses Eaux du Rhin ». En effet, le ministère fédéral allemand a présenté, en juillet 2019, le plan d'action « Basses Eaux du Rhin » visant à prévenir les conséquences dramatiques de la sécheresse sur l'économie et la navigation rhénane. La période d'étiage extrême a eu de graves conséquences pour des entreprises telles que thyssenkrupp, dont l'aciérie s'est trouvée à court de charbon. Le plan comprend des mesures qui ont toutes été discutées lors de l'atelier, telles que de meilleures prévisions concernant les niveaux d'eau, des informations meilleures et plus récentes, la création de nouvelles capacités de stockage, le soutien à la construction de nouveaux types de bateaux adaptés aux faibles profondeurs et l'optimisation du chargement dans le Rhin moyen et inférieur. (Voir également le chapitre 4.2 Solutions.)

En outre, les participants :

- ont demandé que soient encouragées les initiatives privées et publiques et que soient promues les actions collaboratives pour une utilisation durable du système de transport fluvial, en assurant un juste équilibre entre les nombreux usages du Rhin ;
- ont appelé à un dialogue social et multidisciplinaire (à l'instar du Plan d'action « Basses eaux du Rhin » en Allemagne et du Programme néerlandais « Integral River anagement »).
- ont recommandé d'intégrer le transport fluvial aux systèmes de gestion de la sécheresse.

Mesures concernant la flotte

En ce qui concerne la flotte, des **investissements majeurs** seraient nécessaires, tant pour la mise en service de **nouveaux bateaux, mieux adaptés aux futures situations de basses eaux, que pour l'adaptation de la flotte existante.**

Depuis 2018, on observe un intérêt accru pour les projets de recherche consacrés à la navigation en période de basses eaux. En particulier, un **cofinancement de l'UE** pourrait être mis à disposition aux fins de la recherche et du développement dans ce domaine, ainsi que pour le développement des bateaux et des infrastructures.

En outre, des financements nationaux visant à soutenir la mise en œuvre de ces concepts de recherche ont été mis en place (par exemple en Allemagne et en France) et devraient être considérés comme une bonne pratique concernant le développement de nouveaux programmes de financement. Pour encourager le développement de tels programmes de financement nationaux, le transport fluvial devrait être reconnu comme une activité « verte » menée dans le cadre de la taxonomie de l'UE.

Mesures concernant les chargeurs, la logistique et l'industrie

En complément de leurs efforts visant à optimiser leur flotte, les chargeurs ont pris de nombreuses mesures pour accroître leur résilience aux situations de basses eaux, notamment en améliorant les processus de communication, en obtenant des garanties pour les contrats d'affrètement à temps concernant les barges adaptées aux basses eaux, et, entre autres mesures prises sur leurs sites de production ou à proximité, en optimisant les capacités de manutention et de stockage. L'utilisation de modes de transport alternatifs a également augmenté. À moyen et long terme, les mesures déjà mises en œuvre devraient être poursuivies, et l'infrastructure multimodale pourrait être améliorée pour faciliter le report modal en cas de perturbations. En outre, les capacités de manutention et de stockage dans les ports situés à proximité des sites industriels pourraient être étendues.

Mesures relatives aux infrastructures

L'une des mesures les plus importantes et urgentes est l'optimisation de l'enfoncement des bateaux dans la section allemande du Rhin, telle que définie dans le « Bundesverkehrswegeplan 2030 » (plan fédéral des voies de communication), et plus précisément dans le projet « Optimisation de l'enfoncement des bateaux sur le Rhin moyen » visant à augmenter la profondeur du chenal navigable, qui passe de 1,90 m à 2,10 m par rapport à l'étiage équivalent dans cette section présentant un goulet d'étranglement. L'Allemagne a déjà mis en place une commission d'accélération pour le projet. Les participants ont préconisé la mise en œuvre du projet dès que possible.

En parallèle, d'autres mesures doivent être lancées ou poursuivies, comme celles revêtant la plus haute importance, y compris des études sur la gestion de l'eau, l'ingénierie hydraulique et l'adaptation, au changement climatique, du développement et de l'entretien des infrastructures. En guise d'exemples d'activités connexes menées en Allemagne, l'Institut fédéral allemand des ouvrages hydrauliques (BAW) continue de développer le concept d'un corridor à emprunter en cas de basses eaux appliqué en période de débit extrêmement faible, et l'Institut fédéral d'hydrologie (BfG) intensifie les enquêtes concernant l'utilisation possible des réservoirs d'eau existants pour augmenter le niveau d'eau du Rhin en période d'étiage extrême. Dans l'ensemble, il est de la plus haute importance d'assurer, avec le temps, la fiabilité des conditions de transport sur le Rhin.

Mesures relatives au numérique et à la mise à disposition des informations

Des améliorations supplémentaires, telles que l'intégration de mesures de gestion de l'eau ou des besoins en eau par divers secteurs, en rapport avec les scénarios climatiques et socio-économiques, peuvent et doivent encore être apportées aux **prévisions relatives aux niveaux d'eau** et au système applicable au modèle hydrologique. De telles améliorations sont également attendues en ce qui concerne la **mise à disposition en temps réel des informations sur la profondeur du chenal navigable**, en particulier le développement plus poussé des solutions numériques et de la capacité des barges à échanger entre elles des relevés dynamiques en temps réel de la profondeur. Il s'agit d'un exemple classique de mise à contribution de la science pour soutenir l'adaptation du transport fluvial aux phénomènes de basses eaux. La **gestion des corridors** et le **contrôle de la chaîne d'approvisionnement** gagneraient également à être développés et optimisés.

	Objectifs atteints depuis 2018 ?	Objectifs restants à atteindre	
		Moyen terme	Long terme
A - Infrastructure	A1 - Mise en place d'une Commission dédiée à l'accélération de l'« Optimisation de la profondeur des chenaux navigables dans la vallée du Rhin moyen et du Rhin inférieur »	A1 - Mise en œuvre du projet « Optimisation de la profondeur des chenaux navigables dans la vallée du Rhin moyen et du Rhin inférieur »	
		A2 - Approche intégrée de planification de projet	
	A3 - Entretien de haute qualité des voies de navigation et des infrastructures		A3 - Entretien des voies de navigation et des infrastructures de manière adaptée au changement climatique
	A4 - Études visant à améliorer la gestion de l'eau sur le Rhin		A4 - Amélioration de la gestion de l'eau sur le Rhin ; étude sur la possibilité de prévoir de nouveaux réservoirs / d'étendre les réservoirs existants
	A5 - Étudier les options d'ingénierie hydraulique pour assurer la fiabilité des conditions de transport sur le Rhin		A5 - Mettre en œuvre des options d'ingénierie hydraulique pour assurer la fiabilité des conditions de transport sur le Rhin
B - Flotte	B1 - Recherches portant sur l'optimisation des bateaux existants et des nouvelles constructions		
	B2 - Financement public		
	B3 - Évaluer la possibilité d'ajouter des barges à un convoi poussé pendant les périodes de basses eaux pour pouvoir transporter les mêmes quantités		
	B4 - Augmentation du nombre de bateaux optimisés pour les basses eaux		
C - Chargeurs, logistique, industrie	C1 - Obtention de garanties pour les contrat d'affrètement à temps concernant les bateaux adaptées aux faibles niveaux d'eau		
	C2 - Optimisation de la capacité de manutention et de stockage sur site et à proximité, augmentation du nombre d'inventaires sur site		C2 - Augmentation des capacités de manutention et de stockage dans les ports proches des sites industriels
		C3 - Recherches portant sur l'adaptation des concepts de transport/stockage	
	C4 - Processus efficaces de communication interne		
	C5 - Utilisation de modes de transport alternatifs (par exemple, capacité de transport ferroviaire à long terme)		C5 - Construction/optimisation des terminaux pour faciliter le report modal

	Objectifs atteints depuis 2018 ?	Objectifs restants à atteindre	
		Moyen terme	Long terme
D - Outils numériques et services d'information		D1 - Améliorer les prévisions relatives aux niveaux d'eau	
		D2 - Informations actualisées sur la profondeur des chenaux navigables	
		D3 - Gestion des corridors pour optimiser la planification des itinéraires et des voyages, le transport et la gestion du trafic	
		D4 - Optimisation de la gestion de la chaîne d'approvisionnement	
E - Mesures transversales et nationales		E1 - Dialogue entre l'industrie, la logistique, la politique et les associations environnementales	
		E2 - Coopération transfrontalière entre les États riverains du Rhin	
		E3 - Dialogue social et pluridisciplinaire (selon le modèle allemand)	
		E4 - Intégrer le transport fluvial dans les systèmes de gestion de la sécheresse de la CIPR	
		E5 - Contribution de la CCNR aux scénarios socio-économiques de la CHR	
