

## PROTOCOLE 9

### Changement climatique et navigation rhénane

#### Résolution

La Commission Centrale,

se référant à ses résolutions 2008-I-12, 2009-I-5 et 2009-II-8 ainsi qu'aux rapports sur lesquels sont basées ces résolutions,

confirmant l'objectif

- de réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane conformément aux objectifs de réduction des émissions de ses Etats membres,
- de prendre les mesures nécessaires pour l'adaptation du Rhin en tant que voie navigable et des chaînes logistiques de la navigation intérieure de sorte que la navigation rhénane puisse assurer aussi à l'avenir sa prestation de transport de manière fiable et rentable et puisse contribuer ainsi au maintien d'importants sites industriels,

ayant pris connaissance du rapport ci-annexé de son Comité du règlement de visite, de son Comité technique permanent et de son Comité économique,

constate

- que la navigation intérieure dispose d'un potentiel pour réduire de manière significative ses émissions de gaz à effet de serre, y compris en cas de hausse de la prestation de transport, et d'assumer ainsi sa responsabilité pour la protection du climat,
- que, selon l'état actuel des connaissances,] la voie d'eau rhénane ne subira dans un avenir proche (d'ici 2050) aucune modification manifeste par rapport à la situation,
- que des effets plus marqués du changement climatique sur le fonctionnement des infrastructures ne sont pas à exclure à partir de l'année 2050,
- que, malgré l'impact éventuellement très limité du changement climatique au cours de la première moitié de ce siècle, il convient d'accorder de l'attention à la fiabilité de la navigation intérieure en tant que mode de transport en liaison avec les variations plus fortes de l'hydraulicité,

charge

- son Comité du règlement de visite de lui soumettre d'ici la session plénière du printemps 2012 le rapport de situation annoncé et de proposer à cette occasion de manière détaillée et sur la base d'une approche stratégique les travaux supplémentaires nécessaires,
- son Comité technique permanent,
  - de poursuivre activement l'examen de la question du changement climatique et de lui soumettre au plus tard en 2020 une version révisée du rapport qui lui est soumis à présent,
  - de suivre les travaux pertinents d'autres organisations internationales qui se penchent sur le changement climatique et sur les possibilités d'adaptation de la navigation intérieure, afin de recueillir des connaissances pour l'adaptation ultérieure du rapport présenté,

- son Comité économique de poursuivre sa participation aux recherches dans le domaine de l'économie, d'évaluer les résultats conjointement avec la profession concernée dans le cadre de manifestations communes et de lui soumettre des rapports intermédiaires à cet égard,
- son Secrétariat de poursuivre les travaux qui lui ont été confiés par la résolution 2009-II-8,

décide d'organiser une conférence avant la prochaine révision du rapport de son Comité technique permanent afin de souligner le rôle de la CCNR en tant que plateforme pour le thème "Changement climatique et navigation", les résultats de cette conférence étant à prendre en compte dans le prochain rapport.

## **Annexe**

## Changement climatique et navigation rhénane

*Rapport commun du Comité du règlement de visite, du Comité technique permanent et du Comité économique de la CCNR présenté à l'occasion de la session d'automne 2011*

A l'échelle mondiale, les émissions de gaz augmentent plus vite que prévu. Il est probable que le changement climatique soit plus marqué que cela n'est envisagé actuellement. Ceci renforce encore la portée de la détermination des Etats membres de la CCNR à prendre des mesures visant à éviter et réduire les émissions de gaz à effet de serre (mitigation) ainsi que des mesures d'adaptation visant à prévenir les risques et à exploiter des opportunités à la fois économiques et sociales (adaptation).

Par sa résolution 2009-II-8, la CCNR s'est déjà engagée en faveur des objectifs suivants :

- réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane conformément aux objectifs de réduction des émissions de ses Etats membres,
- prendre les mesures nécessaires pour l'adaptation de la voie d'eau rhénane et des chaînes logistiques de la navigation intérieure de sorte que la navigation rhénane puisse assurer aussi à l'avenir sa prestation de transport de manière fiable et rentable et puisse contribuer ainsi au maintien d'importants sites industriels.

C'est pourquoi elle a chargé

- son Comité du règlement de visite de lui soumettre d'ici la session d'automne 2011 un rapport basé sur les études et contributions correspondantes de ses États membres et observateurs ainsi que des organisations internationales et organisations professionnelles avec lesquelles elle coopère, dans lequel seront évaluées des mesures et possibilités permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre par la navigation intérieure et comportant une proposition concernant la manière dont celles-ci pourront être communiquées de manière appropriée à la batellerie ainsi qu'à d'autres usagers potentiels.
- son Comité technique permanent de procéder d'ici la session d'automne 2011 à un inventaire des possibles mesures d'adaptation de la voie navigable et de développer des scénarios permettant de préserver aussi à long terme la navigation rhénane en cas de poursuite du changement climatique.
- son Comité économique de vérifier quelles mesures régulatrices ou autres ou quels programmes pourraient convenir pour contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à examiner comment des adaptations des chaînes logistiques pourraient contribuer à la mitigation et à l'adaptation.

Les comités ont effectué les travaux ou les ont entamés et ont rédigé chacun un rapport individuel correspondant. Ces rapports figurent aux annexes 1 à 3.

En vue de l'élaboration de son rapport, le **Comité du règlement de visite** a organisé un atelier en avril 2011. Les interventions et principales conclusions de cet événement, très réussi sur le plan de sa fréquentation et de l'étendue des connaissances et enseignements qui y ont été présentés, sont publiées sur le site Internet de la CCNR [www.ccr-zkr.org](http://www.ccr-zkr.org). Les principales conclusions du rapport soumis à présent sont les suivantes :

- Si la navigation intérieure souhaite conserver son avantage concurrentiel de "respect du climat", elle doit réduire encore ses émissions de gaz à effet de serre.

- La navigation intérieure dispose d'un grand nombre de mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux. Ces mesures concernent d'une part l'exploitation des bateaux, leur construction et leurs équipements et d'autre part des mesures dont l'objectif est de "décarboniser" le carburant, c'est-à-dire d'utiliser des carburants produisant de moindres émissions de CO<sub>2</sub>.
- Les mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure peuvent présenter des avantages supplémentaires, notamment la réduction des émissions polluantes et des effets négatifs de la navigation intérieure sur l'écologie fluviale.
- Au cours des prochaines décennies, la navigation intérieure devra procéder à une conversion étendue aux carburants alternatifs en tant que source d'énergie, ceci en raison de la raréfaction des carburants issus du pétrole et de l'enchérissement qui en résulte et parce que des objectifs ambitieux de protection climatique ne peuvent être atteints qu'avec des carburants alternatifs.
- Un calcul modélisé des émissions de gaz à effet de serre fait apparaître pour un scénario selon lequel seraient exploités essentiellement les potentiels d'économie résultant de l'augmentation des dimensions moyennes des bateaux et ceux résultant de l'exploitation et de la technique navale, les émissions globales de la navigation intérieure pourraient demeurer constantes aussi en cas d'augmentation de la prestation de transport. Si sont utilisés parallèlement des carburants alternatifs sans carbone ou à faible teneur en carbone, les émissions globales pourraient même diminuer d'environ deux tiers.

Le Comité du règlement de visite a prévu de présenter au printemps 2012 un rapport de situation bien plus exhaustif et de soumettre à cette occasion à la CCNR sur la base d'une approche stratégique des propositions détaillées concernant les travaux supplémentaires nécessaires. Ce rapport de situation existe à l'état de projet et a tenu lieu de base pour le rapport du Comité du règlement de visite soumis à présent. Compte tenu de l'importance générale que revêt ce rapport pour la navigation rhénane et intérieure européenne, le Comité du règlement de visite organisera un deuxième atelier auquel seront conviés tous les secteurs économiques concernés ainsi que les organisations internationales compétentes afin de procéder à un échange de vues sur les principales conclusions du rapport. L'objectif est de prendre en compte dans le rapport les observations et compléments de tous les acteurs, d'assurer une acceptation étendue des constats et conclusions formulés dans le rapport et de coordonner les travaux ultérieurs avec les principaux acteurs de la navigation rhénane et intérieure européenne.

Le **Comité technique permanent** a conclu son rapport avec le constat important suivant :

- Selon l'état actuel des connaissances, aucune modification nette par rapport à aujourd'hui n'apparaît dans un futur proche (jusqu'à 2050) pour les échelles étudiées.
- A partir de 2050, des incidences sur le fonctionnement des infrastructures en conséquence du changement climatique ne sont pas exclues.
- Aucune mesure structurale immédiate ne s'impose actuellement.

Le rapport décrit les principales options ou mesures possibles qui permettront de préserver aussi la navigation rhénane à long terme si le changement climatique devait se poursuivre.

Le **Comité économique** a entrepris ses travaux en tenant compte de l'aspect de la fiabilité du mode de transport. Le principal résultat est le constat que les exigences dans le domaine de la logistique requièrent dès à présent une attention particulière, même si les effets du changement climatique ne se feront sentir qu'au cours de la deuxième moitié de ce siècle. Certains enseignements du passé récent ont permis d'évaluer la dépendance de la navigation intérieure par rapport à l'hydraulicité et de préciser la corrélation entre ce mode de transport et les principaux secteurs économiques. La science a identifié les questions économiques correspondantes et a initié des projets de recherche dont les résultats seront disponibles au cours des prochaines années.

Deux orientations stratégiques s'esquissent ainsi pour le renforcement de la navigation intérieure :

- optimisation de la composition de la flotte par rapport à l'hydraulicité et aux variations plus fréquentes des hauteurs d'eau ;
- intégration de la navigation intérieure dans les concepts de co-modalité afin de garantir et d'optimiser la fiabilité.

En ce qui concerne l'examen d'éventuelles mesures régulatrices visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, une évaluation générale des projets politiques au niveau communautaire n'a pas abouti à des conclusions directes. Des réglementations concernant les droits d'émission de CO<sub>2</sub> ont certes été introduites pour différents secteurs du transport, mais de telles mesures ne sont pas prévues à court ou moyen terme pour l'intégralité des secteurs du transport terrestre. C'est pourquoi le Comité économique n'a pas retenu ce thème très politique parmi les points à examiner ultérieurement.

Le Comité économique inscrira en tant que thèmes prioritaires dans son programme de travail pour les années à venir la fiabilité du mode de transport et l'intégration de la navigation intérieure dans des concepts de co-modalité.

Dans leur globalité, les rapports des comités font apparaître les conclusions suivantes :

- Tous les acteurs importants du système global de la navigation rhénane et intérieure doivent anticiper les conséquences du changement climatique et prendre en temps utile les mesures d'adaptation nécessaires afin d'éviter des risques et de saisir les opportunités économiques et sociales. A ce jour, de nombreuses mesures possibles sont connues, notamment parce que la navigation intérieure a toujours été confrontée à des périodes de hautes eaux et de basses eaux.
- La navigation intérieure peut réduire de manière significative ses émissions de gaz à effet de serre. Bien que ces émissions soient minimales en valeur absolue, elle devra continuer d'exploiter le potentiel de réduction existant, si elle souhaite tirer un bénéfice de son image de mode de transport respectueux de l'environnement et du climat et de la nécessaire transition vers un système de transport durable. Ceci engage également tous les acteurs importants de la navigation intérieure à exploiter les mesures possibles et à prendre les dispositions nécessaires.

#### **Annexes :**

1. Rapport de la CCNR relatif aux possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> en navigation intérieure
2. Mesures d'adaptation de la voie navigable et scénarios permettant de préserver à long terme la navigation rhénane en cas de poursuite du changement climatique
3. Changement climatique et logistique en navigation rhénane



### **Possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure**

A l'occasion de sa session d'automne 2009, dans le cadre de sa responsabilité pour une navigation rhénane et intérieure durable, la CCNR s'est fixé pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane en accord avec les objectifs de réduction des émissions de ses États membres. Afin d'atteindre cet objectif, la CCNR a demandé à son Comité du règlement de visite de lui présenter d'ici à la session d'automne 2011 un rapport fondé sur des études correspondantes et sur des contributions de ses États membres et observateurs ainsi que des organisations internationales et professionnelles avec lesquelles elle coopère, d'y regrouper les mesures et possibilités de réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure, de les évaluer et de soumettre une proposition quant à la manière dont elles pourraient être rendues adéquatement accessibles à la batellerie et aux autres utilisateurs potentiels.

Le rapport concerne les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure au sens strict, à savoir les émissions de CO<sub>2</sub> qui sont produites par l'exploitation des bateaux de navigation intérieure. Les émissions d'autres substances que le CO<sub>2</sub> ne sont pas prises en compte, de même que les émissions qui ne résultent pas de l'exploitation des bateaux. Cette limitation est principalement due au fait que, pour les émissions de la navigation intérieure autres que les émissions de CO<sub>2</sub> lors de l'exploitation des bateaux, il n'existe que peu d'études ou données utilisables. Cette limitation n'est pas dommageable à la définition des objectifs du rapport, d'une part parce que le CO<sub>2</sub> est de loin le principal gaz à effet de serre émis par la navigation intérieure et, d'autre part, parce que les émissions autres que celles de l'exploitation des bateaux peuvent - au moins dans une première approche - être laissées de côté étant donné leurs faibles quantités. Les émissions provenant du chargement qui apparaissent en navigation citerne ne sont pas imputables à la navigation intérieure, mais aux chaînes de production dont les chargements font partie.

#### Objectifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

En valeur absolue, les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure sont d'une très faible importance si on les compare à l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre des transports, et encore plus si on les compare à toutes les émissions de gaz à effet de serre anthropiques. Les raisons en sont la bonne efficacité énergétique de la navigation intérieure, et ses parts très faibles parmi les modes de transport en Europe. Mais les modes de transport qui sont en concurrence avec la navigation intérieure font des progrès dans la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre. Si la navigation intérieure veut conserver son avantage concurrentiel de "respect du climat", elle doit elle aussi continuer à réduire ses émissions.

Une augmentation continue des émissions de gaz à effet de serre des transports affecterait les objectifs de réduction globale des émissions de l'UE. Il faut donc mettre en place des mesures pour que les émissions de gaz à effet de serre des transports soient en harmonie avec les objectifs de protection globale du climat. Si les différents États ainsi que la Commission européenne ont quantifié les objectifs de réduction des émissions pour les transports dans leur ensemble, tel n'est pas le cas pour la navigation intérieure. Une telle quantification est objectivement une opération complexe, notamment en raison des connaissances incomplètes sur les émissions actuelles, les possibilités de réduction des émissions et l'évolution globale de l'économie.

Une telle quantification des objectifs serait cependant utile pour toutes les personnes concernées. Elle minimiserait les incertitudes et leur permettrait de diriger vers cet objectif les processus politiques, économiques, techniques et autres. La nécessité de quantifier les objectifs et la méthodologie nécessaire pour définir et atteindre des objectifs de protection du climat sont déjà confirmées au niveau ministériel dans le cadre de l'OCDE. Comme les États membres de la CCNR sont responsables d'environ les trois-quarts des prestations de transport et donc des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure dans l'UE, il est logique qu'ils assurent, conjointement avec la CCNR, un rôle directeur dans la concrétisation des objectifs de protection du climat de la navigation intérieure.

#### Bilan carbone de la navigation intérieure

Pour le transport de marchandises, l'intensité CO<sub>2</sub> d'un mode de transport est essentiellement exprimée en g/tkm sur la base des émissions de CO<sub>2</sub> rapportées à la prestation de transport, mais une indication en g/EVPkm est également possible. Ce rapport est souvent appelé aussi facteur d'émission CO<sub>2</sub><sup>1</sup>. Comme pour les autres modes de transport, le facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> constitue l'élément central de la détermination du bilan carbone de la navigation intérieure. Il existe un grand nombre d'études qui tentent de quantifier le facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> de la navigation intérieure. Mais la marge de fluctuation des valeurs résultant des ces études est telle qu'elles ne permettent ni une détermination fiable du bilan carbone de la navigation intérieure à des fins de politique des transports ou de protection du climat, ni d'en déduire avec précision les émissions de CO<sub>2</sub> des chaînes logistiques. Une solution consisterait à regrouper les données des entreprises de navigation intérieure sur la consommation de carburant et la prestation de transport des différents types de bateaux, et les statistiques collectées par la CCNR. Des valeurs fiables et acceptées par tous devraient en résulter pour les émissions de CO<sub>2</sub> de la navigation intérieure. A cet égard devraient être prises en compte les études menées dans ce domaine. La CCNR pourrait amorcer cette procédure, la modérer et la soutenir par ses connaissances ainsi que par le gros volume de données dont elle dispose.

La détermination des émissions spécifiques d'un mode de transport est complexe et comporte de nombreuses incertitudes. Il est d'autant plus difficile de comparer entre-elles les émissions de différents modes de transport. Les études menées dans ce domaine semblent toutefois se rejoindre sur le fait que les émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> imputables à la navigation intérieure sont à peu près équivalentes à celles du transport ferroviaire et nettement inférieures à celles du transport routier.

Le projet de norme européenne prEN 16258:2011 "Méthodologie pour le calcul et la déclaration de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre des prestations de transport (passagers et marchandises)" est actuellement mis à disposition pour prise de position Les États membres et en particulier les associations de la profession de la navigation peuvent faire usage de cette possibilité de prendre position afin d'obtenir que la navigation intérieure soit prise en compte de manière appropriée dans la version finale de la norme.

#### Mesures pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

Fondamentalement, on peut faire appel aux stratégies suivantes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les transports :

1. Suppression de transports,
2. Transfert de transports vers des modes de transport plus respectueux du climat,
3. Réduction des émissions spécifiques.

Concrètement, la politique du transport tentera de mettre en œuvre trois stratégies fondamentales.

---

<sup>1</sup> Il semble qu'en anglais on utilise l'expression "intensité CO<sub>2</sub>", en allemand on utilise davantage l'expression "facteur d'émission de CO<sub>2</sub>". Ci-après est utilisée systématiquement l'expression "facteur d'émission de CO<sub>2</sub>".



Le présent rapport se réfère uniquement à l'option stratégique 3. Cette option est approfondie dans les sections suivantes du présent rapport. L'option 1 peut entraîner une limitation de la demande de transport fluvial. L'option 2 n'est profitable pour la navigation intérieure que si elle parvient à obtenir des succès dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre.

Les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre présentent des avantages supplémentaires :

- Si la réduction des émissions de gaz à effet de serre résulte d'une réduction de la consommation de carburant, les autres émissions polluantes s'en trouvent presque toujours réduites.
- Une réduction de la consommation de carburant réduit aussi la consommation de ressources, à savoir de pétrole. Ceci renforce la durabilité de la navigation intérieure et réduit ses coûts.
- Si la réduction des émissions de gaz à effet de serre est atteinte par la réduction de la motorisation, ceci se traduit en règle générale par une réduction de la formation de vagues et des variations des courants dans les masses d'eau environnantes. Cette baisse contribue à son tour à réduire les contraintes exercées sur le lit et le fond de la voie navigable. Les conséquences négatives de la navigation intérieure sur l'écologie fluviale s'en trouvent réduites.

La navigation intérieure est soumise à des conditions générales particulières en ce qui concerne les possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> et ces conditions ne s'appliquent pas ou seulement dans une moindre mesure aux autres modes de transport. Il convient d'identifier ces conditions générales et d'en tenir compte s'il s'agit de déterminer ou de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> de la navigation intérieure. Les bateaux de la navigation intérieure naviguent sur des eaux relativement peu profondes et sont par conséquent soumis par principe aux lois de l'hydrodynamique en eaux peu profondes. Ceci influe de manière significative sur les besoins des bateaux de la navigation intérieure en termes de puissance et donc sur leur consommation de carburant et sur leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

Les propriétaires de bateaux disposent d'un grand nombre de mesures possibles, relatives à la technique des bateaux, pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub>. Ils peuvent choisir parmi elles celles qui sont économiquement et techniquement les plus avantageuses pour leurs bateaux et leurs usages. En mettant en œuvre simultanément plusieurs mesures, il semble possible d'envisager une réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> de 30 % et plus par rapport aux bateaux actuellement courants. Pour les transformations de bateaux existants, le potentiel d'économie est nettement moindre. Toutefois, toute quantification des potentiels de réduction possibles dépend d'une pluralité de conditions cadres qui peuvent nettement varier selon le type de bateau et les conditions d'utilisation. Lors de la mise en œuvre de certaines mesures contribuant à réduire les émissions, on a constaté qu'elles n'étaient pas couvertes par les prescriptions techniques de la CCNR et de l'UE pour les bateaux de navigation intérieure. Les exigences doivent être modernisées afin d'éviter à l'avenir des problèmes de sécurité. L'augmentation des dimensions et du port en lourd des bateaux présente un important potentiel de réduction des émissions. Étant donné son importance majeure pour l'évolution future des émissions, cette question doit être étudiée en profondeur. À cet égard, des limites sont essentiellement fixées par l'infrastructure. Si les dimensions supérieures des bateaux nécessitent des mesures d'aménagement, les aspects écologiques de l'aménagement des voies d'eau doivent être pris en compte.

Les mesures d'exploitation pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> présentent des similitudes fondamentales avec les mesures techniques. Les propriétaires de bateaux disposent d'un grand nombre de mesures possibles, et ils peuvent choisir parmi elles celles qui sont économiquement les plus avantageuses pour leurs bateaux et leurs usages. En mettant en œuvre simultanément plusieurs mesures, il semble possible d'envisager une réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> de 20 % et plus par rapport à l'exploitation actuelle des bateaux. A la différence des mesures relatives à la technique des bateaux, il n'existe pas pour les mesures d'exploitation de différences importantes entre les nouvelles constructions et les bateaux existants. C'est l'optimisation de la vitesse des bateaux qui présente le plus grand potentiel d'économie : l'optimisation consiste à choisir une vitesse la plus faible possible en tenant compte de la date/heure d'arrivée imposée et des conditions de voie d'eau qui seront rencontrées sur les différents tronçons de l'itinéraire. Toutefois, toute quantification des potentiels d'économie possibles dépend d'une pluralité de conditions cadres qui peuvent nettement varier selon le type de bateau et en particulier selon les conditions d'utilisation. Si ce sont en général les propriétaires et les conducteurs des bateaux qui déterminent par leurs actions la consommation de carburant et donc les émissions des bateaux, il existe parmi les mesures d'exploitation certaines mesures pour lesquelles les administrations des voies navigables doivent créer les conditions nécessaires, par exemple l'introduction de certaines applications des services d'information fluviale (SIF).

#### Carburants et sources d'énergie alternatifs pour la navigation intérieure

Comme carburants, la navigation intérieure actuelle utilise presque exclusivement du gazole ou du carburant diesel. Ces deux carburants produisent des émissions nettes importantes de CO<sub>2</sub> lors de leur combustion. En liaison avec les évolutions sur le marché des carburants, une conversion à des carburants et modes de propulsion alternatifs constitue à plus long terme pour la navigation intérieure une option qui permettra non seulement de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> mais aussi d'assurer sa pérennité. Ces énergies alternatives doivent avoir un bilan carbone faible, voire nul et doivent être disponibles plus longtemps, voire de manière illimitée. Les biocarburants liquides sont certes les successeurs logiques des huiles minérales actuelles, mais ils ne pourront pas être produits durablement dans les quantités nécessaires. Un mix de carburants s'établira donc dans la navigation intérieure, comprenant le GNL et des biocarburants liquides et gazeux. L'énergie électrique, stockée à bord dans des batteries ou par transformation en hydrogène, devrait être également utilisée pour la propulsion des bateaux de navigation intérieure, au moins dans certaines applications. L'utilisation de ces énergies nécessite des préparatifs considérables, également en considération des prescriptions techniques pour la navigation intérieure. Il faut notamment garantir que le futur mix énergétique permettra d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de la navigation intérieure. Une stratégie est donc nécessaire pour la conversion de la navigation intérieure à des énergies alternatives. Cette stratégie doit être harmonisée à un échelon supérieur à celui des États, car la navigation intérieure européenne présente une orientation internationale. La CCNR pourrait être requise pour développer cette stratégie si la stratégie de carburants attendue au niveau de l'UE, couvrant l'ensemble du secteur des transports, ne tient pas suffisamment compte de la navigation intérieure.

### Scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

La navigation intérieure dispose d'un grand nombre de mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux. Ces mesures concernent l'exploitation des bateaux, leur construction et leurs équipements. La mise en œuvre étendue de cette première catégorie de mesures à l'avenir pourrait être qualifiée de scénario conservateur, ces mesures ayant déjà fait leur entrée en navigation intérieure et paraissant être globalement acceptées par la navigationle carburant, c'est-à-dire à utiliser des carburants ou des sources d'énergie alternatives induisant de plus faibles émissions nettes de CO<sub>2</sub>. Ces mesures ne sont mises en œuvre par la navigation intérieure que dans des cas exceptionnels. Une mise en œuvre plus étendue de ces mesures en plus de celles qui relèvent de la première catégorie pourrait par conséquent constituer un scénario optimiste en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Un aspect particulièrement important pour les deux scénarios est l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux résultant de la poursuite de la modernisation de la flotte de navigation intérieure. Un calcul modélisé des émissions de gaz à effet de serre pour ces scénarios fait apparaître qu'en retenant le scénario conservateur les émissions globales resteraient à peu près constantes même en cas de hausse de la prestation de transport et qu'elles pourraient baisser de manière significative en retenant le scénario optimiste. Les conclusions possibles ci-après présentent un intérêt en particulier pour la politique du transport et la politique environnementale :

- Une application étendue des mesures techniques et opérationnelles visant à économiser de l'énergie qui sont déjà mises en œuvre de diverses manières ainsi qu'une augmentation supplémentaire des dimensions moyennes des bateaux permettent de maintenir à peu près constantes en valeur absolue les émissions de gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure même en cas de hausse continue des prestations de transport de marchandises.
- Une baisse significative en valeur absolue du volume net des gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure sera possible en cas de hausse simultanée et continue des prestations de transport de marchandises lorsque seront utilisés aussi à grande échelle, outre le GNL, des biocarburants ou des sources d'énergie alternatives. De tels carburants nécessitent toutefois la réalisation d'essais de compatibilité avec les moteurs et systèmes de post-traitement des gaz d'échappement existants.

#### Travaux complémentaires

En plus de l'identification et du développement de mesures concrètes pour la réduction de la consommation de carburant, la navigation intérieure ne fait qu'entamer un long processus visant à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Le présent rapport énonce les tâches nécessaires pour assurer le succès de ce processus :

- Détermination du bilan carbone de la navigation intérieure,
- Détermination d'objectifs quantitatifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure,
- Examen du potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par l'utilisation du GNL et d'autres sources d'énergie alternatives (carburants) en navigation intérieure,
- Elaboration d'une stratégie pour les futures sources d'énergie (carburants) de la navigation intérieure,
- Elaboration de scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure,
- Détermination de la réduction de la consommation de carburant due à l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure,

- Adaptation des prescriptions techniques applicables aux bateaux de la navigation intérieure dans la perspective de l'autorisation de sources d'énergie alternatives (carburants),
- Examen général de l'introduction obligatoire de l'indice de rendement énergétique de la conception (Energy Efficiency Design Index - EEDI) pour la navigation intérieure,
- Examen général d'un standard obligatoire de l'indice opérationnel de rendement énergétique de la conception (Energy Efficiency Operational Indicator - EEOI) pour la navigation intérieure,
- Etudes supplémentaires relatives aux mesures techniques à bord des bateaux de navigation intérieure permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub>,
- Etudes supplémentaires relatives aux mesures opérationnelles à bord des bateaux de navigation intérieure permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub>,
- Elaboration d'une de standards de qualité pour les futures sources d'énergie (carburants) de la navigation intérieure,
- Elaboration de mesures sur les voies navigables et dans les ports de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure.

La CCNR - compte tenu notamment de ses ressources limitées - ne pourra appuyer qu'un certain nombre des travaux mentionnés. Elle se concentrera par conséquent sur les travaux

- pour lesquels elle dispose de données ou d'informations qui ne sont pas disponibles ailleurs dans la même ampleur ou qualité, par exemple en liaison avec l'activité réglementaire ou l'observation du marché,
- qui permettent de développer des stratégies et ainsi de fixer des orientations à moyen et long terme pour les travaux de la CCNR,
- qui constituent des travaux préparatoires nécessaires pour des mesures prises par ailleurs, notamment par la profession de la navigation, ou pour des travaux ultérieurs de la CCNR.

Par conséquent sont énoncés ci-après des travaux ultérieurs dont la CCNR pourrait assurer la coordination dans le contexte européen en concertation avec la Commission européenne, la profession de la navigation et l'industrie. Si la Commission européenne a l'intention de réaliser elle-même ces travaux, la CCNR pourrait proposer son appui et sa coopération.

- Détermination du bilan carbone de la navigation intérieure
- Détermination de la réduction de la consommation de carburant due à l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure
- Elaboration d'une stratégie et adaptation des prescriptions techniques applicables aux bateaux de la navigation intérieure dans la perspective de l'autorisation de sources d'énergie alternatives
- Examen général de l'introduction obligatoire de l'indice de rendement énergétique de la conception (Energy Efficiency Design Index - EEDI) pour la navigation intérieure
- Examen général d'un standard obligatoire de l'indice opérationnel de rendement énergétique (Energy Efficiency Operational Indicator - EEOI) pour la navigation intérieure
- Examen général de la nature des autres mesures susceptibles d'être prises par la CCNR en vue d'aboutir à une réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> des bateaux de la navigation intérieure, par exemple les systèmes de guidage du trafic
- Elaboration de scénarios et d'objectifs quantitatifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

## Mesures d'adaptation de la voie navigable et scénarios permettant de préserver à long terme la navigation rhénane en cas de poursuite du changement climatique

### 1. Situation

Par sa résolution 2009-II-8, le Comité technique permanent a été chargé de procéder d'ici la session d'automne 2011 à un inventaire des possibles mesures d'adaptation de la voie navigable et de développer des scénarios permettant de préserver aussi à long terme la navigation rhénane en cas de poursuite du changement climatique.

Ce rapport constitue une partie du rapport complet à établir par la CCNR.

La Conférence interministérielle du Rhin<sup>1</sup> a chargé, le 18.10.2007, la Commission Internationale pour la protection du Rhin (CIPR) d'élaborer une "étude de scénarios relatifs pour le régime des débits du Rhin". L'étude et ses résultats sont décrits au chapitre 2.6.

Selon l'état actuel de la technique, le changement climatique n'aura d'incidence sur la navigation qu'en cas de modifications des hautes et basses eaux.

### 2. Etat de la recherche 2011

Ce chapitre décrit brièvement les contenus et objectifs des actuels travaux de recherche nationaux et internationaux. Ne sont mentionnés ici que les projets qui portent exclusivement sur le Rhin ou sur la navigation rhénane.

Pour une étude ultérieure, les tendances de développement représentées dans le projet RheinBlick 2050 de la Commission Internationale pour l'hydrologie du bassin rhénan (CHR) servent pour l'essentiel de base, étant donné qu'une synthèse a déjà été réalisée à partir des résultats de tous les travaux nationaux (date : fin 2010).

#### 2.1 Suisse

##### Projekt CCHydro<sup>2</sup>

Le projet CCHydro (changement climatique et hydrologie en Suisse) de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a pour but, sur la base des scénarios climatiques actuels, de mettre à disposition, pour les différentes régions climatiques, les différents étagements et les différentes configurations géomorphologiques de Suisse, des scénarios à haute résolution, dans le temps et l'espace, relatifs au cycle de l'eau et aux débits pour la période 2050 / 2100.

Ce projet s'articule en 7 modules :

- scénarios climatiques pour la Suisse jusqu'en 2100
- ressources naturelles en eau de Suisse et leurs bassins les plus importants
- changement climatique et réserves en eau dans les régions sensibles (bilan).
- changement climatique et périodes de basses eaux
- modélisation du débit de l'eau provenant des glaciers suisses
- changement climatique et périodes de hautes eaux
- changement climatique et température de l'eau

<sup>1</sup> Communiqué de la Conférence interministérielle pour la protection du Rhin du 18 octobre 2007

<sup>2</sup> [www.bafu.admin.ch/wasser/01444/01991/10443/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/wasser/01444/01991/10443/index.html?lang=de)

Le projet a été lancé en 2008. Sa conclusion est prévue en décembre 2011.

Les premiers résultats des différents modules font partie du projet RheinBlick 2050 de la CHR.

Les derniers scénarios climatiques du projet indiquent pour l'Europe un net réchauffement au cours des 40 prochaines années et plus particulièrement d'ici à la fin du siècle, si la tendance n'est pas stoppée par des mesures de protection climatique. Les modèles informatiques laissent entrevoir pour les grands glaciers suisses un avenir assez sombre. En plus des petits et moyens glaciers, tous les grands glaciers devraient fondre intégralement dans les sommets les plus élevés.

## 2.2 Allemagne

Le projet central de la recherche allemande sur le climat en liaison avec la gestion des eaux et du trafic est le programme de recherche "Incidences du changement climatique sur les voies navigables et la navigation - Développement d'options d'adaptation" (en bref : KLIWAS<sup>1</sup>; BMVBS, 2009). Ce programme de recherche financé par le Ministère fédéral des Transports, de la Construction et du Développement urbain doit s'achever en 2013. Il est mis en œuvre par le Comité des hautes autorités du Ministère allemand du transport, de la construction et du développement urbain (BMVBS) (*Bundesanstalt für Gewässerkunde*, BfG; *Deutscher Wetterdienst*, DWD; *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*, BSH et *Bundesanstalt für Wasserbau*, BAW), sous la responsabilité du BfG et intégré dans des réseaux de recherche nationaux et internationaux. Les objectifs de KLIWAS consistent d'une part à améliorer les performances de ce mode de transport et d'autre part à veiller à la qualité de l'eau et aux espaces vitaux des fleuves (Rhin, Elbe, Danube) et des côtes.

Le Rhin et sa fonction de voie navigable font partie du projet central KLIWAS (KLIWAS 4.01 – Réserves d'eau – Hauteur d'eau – Capacité de transport), qui définit depuis 2007 les bases de données et les concepts du programme de recherche. L'ensemble des bases de données relatives au changement climatique actuellement accessibles font en ce moment l'objet d'évaluations complètes. Les résultats sont intégrés dans une chaîne de modèles de simulation scientifiques qui couvrent les principaux sous-systèmes du champ de relations de la voie de navigation intérieure. Un pont est ainsi jeté entre la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (1), les systèmes climatiques global et régional (2), les réserves d'eau dans les bassins fluviaux (3), la voie navigable (4) et les structures de coût de la navigation intérieure (5).

Les méthodes du projet central KLIWAS appliquées au Rhin ont été approuvées aux niveaux national et international. Les résultats de KLIWAS (p. ex. Nilson et al. 2010b) forment la base essentielle du projet de coordination RheinBlick2050 de la CHR et du groupe d'experts KLIMA de la CIPR, ainsi que de ce rapport. Ils sont en outre intégrés dans des projets européens en cours (p. ex. EU-ECCONET, AdaptAlp<sup>2</sup>).

## 2.3 France

Dans le cadre du plan national d'adaptation au changement climatique est menée sous la direction de VNF une étude de vulnérabilité du réseau fluvial français. Le cahier des charges pour cette étude de vulnérabilité est en cours d'élaboration.

---

1 <http://www.kliwas.de>

2 <http://www.adaptalp.org/>

## 2.4 Pays-Bas

### 2.4.1 Etudes actuelles

Deux études consacrées au rapport entre la navigation intérieure et les développements climatiques ont été réalisées aux Pays-Bas au cours de la période.

#### **Projet de recherche "Climat et navigation intérieure"**

Au sein du Ministère des Infrastructures et de l'Environnement, l'administration des voies navigables Rijkswaterstaat a demandé une étude des conséquences du changement climatique à moyen terme et à long terme.

Les scénarios climatiques de l'Institut Royal Météorologique Néerlandais (KNMI) ont servi de base à cette étude. Le scénario extrême est W+. Ce dernier prévoit une augmentation de température de +2°C en 2050 par rapport à l'année 1990, des hivers humides et doux et des étés chauds et secs, avec un renforcement du vent et des flux d'air.

W+	Warm +	En 2050, température sur terre de 2 °C supérieure à celle de 1990 + hivers plus doux et plus humides en raison d'un vent d'ouest accru + étés plus chauds et plus secs en raison d'un vent d'est accru
----	--------	--

Le projet traite les aspects suivants, en partant de la situation en 2050 :

- a) les incidences du changement climatique sur les réserves d'eau et les conséquences pour la navigation intérieure (basses et hautes eaux et affaissement du sol/ensablement),
- b) les incidences du changement climatique sur des points critiques de l'infrastructure (écluses et ponts), sur le réseau principal de voies navigables et
- c) les incidences du changement climatique sur le port de Rotterdam.

Les principales conclusions sont les suivantes :

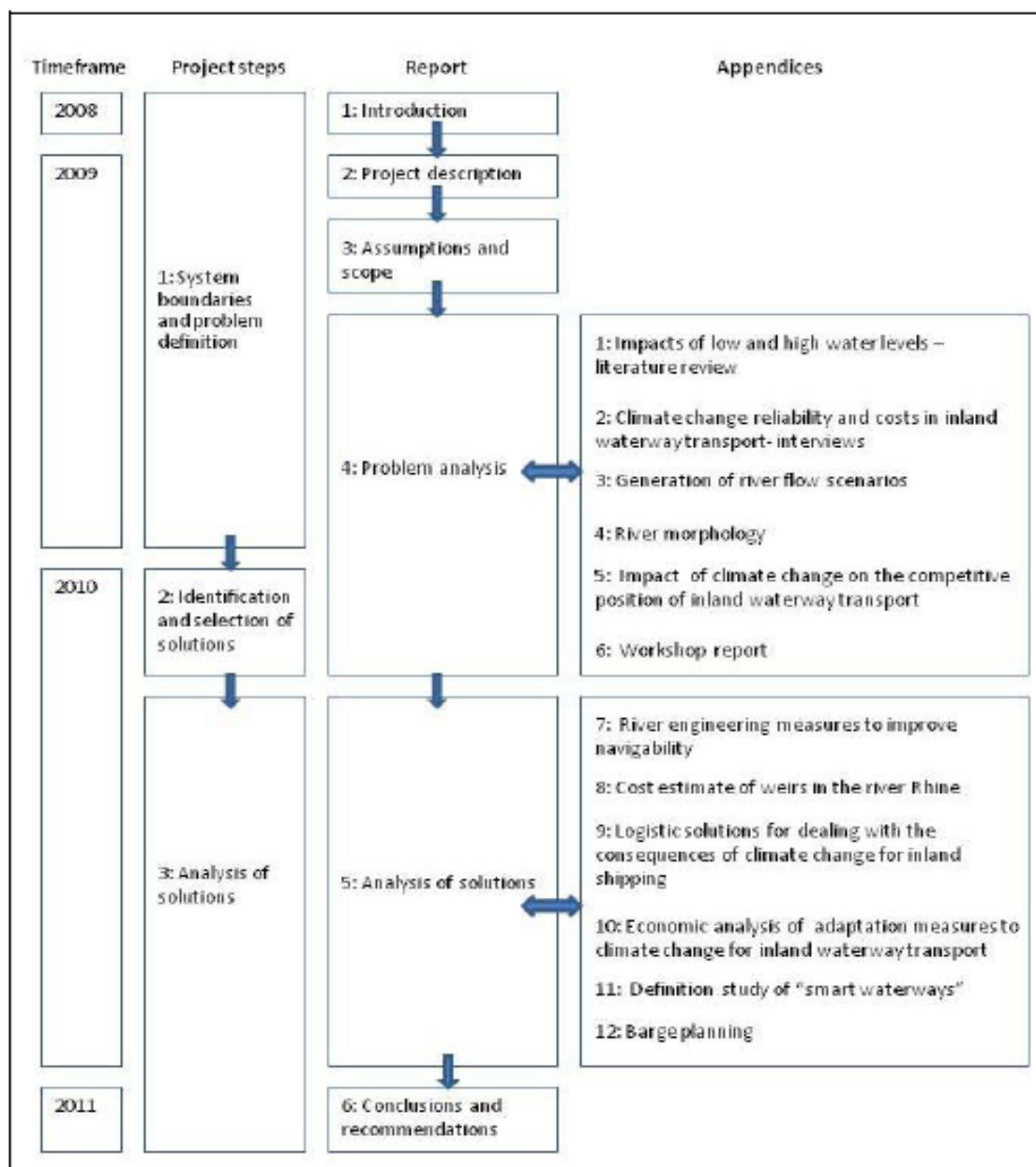
- a) périodes de précipitations plus fréquentes et plus importantes en hiver et périodes de sécheresse en été si le scénario W+ se réalise,
- b) entraves à la navigation en raison de hautes et basses eaux sur le Waal, le Rhin et l'IJssel, en conséquence, modifications des temps de navigation et des coûts de déplacement, de la fiabilité, des itinéraires alternatifs et enfin augmentation des frais de transport.

#### **Projet de recherche "Changement climatique et navigation intérieure : incidences sur le secteur de la navigation intérieure, le port de Rotterdam et solutions possibles"**

Le projet de recherche "Climat et navigation intérieure" est en partie devenu l'enquête du consortium "Kennis voor Klimaat, Hotspot Rotterdam" (connaissance du climat, point de convergence Rotterdam), menée par l'Université technique de Delft, l'Université libre d'Amsterdam, des bureaux d'ingénieurs et les institutions spécialisées TNO, Arcadis et Deltares, la Gestion des terminaux de Rotterdam et le Ministère des Infrastructures et de l'Environnement. La figure 1 présente l'articulation de ce projet.

Le scénario climatique W+ du KNMI pour l'année 2050 a également servi de point de départ pour ce projet de recherche. Les principales conclusions sont les suivantes :

- a) périodes de précipitations plus fréquentes et plus importantes en hiver et périodes de sécheresse en été si le scénario W+ se réalise,
- b) entraves à la navigation en raison des hautes et basses eaux des fleuves,
- c) augmentation des frais de transport et retards dans la livraison de marchandises,
- d) transfert de la navigation intérieure sur les voies routières et ferroviaires.



**Figure 1** : Articulation du projet de recherche "Changement climatique et navigation intérieure : incidences sur le secteur de la navigation intérieure, le port de Rotterdam et solutions possibles"



## 2.4.2 Etudes futures

Dans le cadre du "Deltaprogramma"<sup>1</sup>, d'autres études seront prochainement entreprises. L'objectif de ces dernières consistera avant tout à réévaluer et à développer l'instrument de modélisation pour les fleuves. La dynamique probable du système des fleuves peut ainsi être définie selon différents scénarios climatiques.

Cette modélisation couvre l'intégralité du Rhin. Il convient toutefois de noter que pour le changement climatique, les disparités régionales des modifications de la répartition des précipitations ne sont pas prises en compte.

La première étude "Climat et navigation intérieure aux Pays-Bas" doit parallèlement se poursuivre dans le cadre du "Deltaprogramma".

Il est prévu que le KNMI publie en 2013 des scénarios actualisés.

## 2.5 RheinBlick2050<sup>2</sup>

Depuis près de 20 ans, la (CHR) travaille sur l'étude des incidences du changement climatique sur le débit du Rhin et de ses affluents. A la suite des grands progrès réalisés dans le domaine de la recherche climatique, on s'est demandé si ces derniers permettraient d'établir des pronostics optimisés concernant les futurs débits fluviaux. Pour répondre à cette question, la CHR a lancé le projet "RheinBlick2050" (Görgen et al., 2010), qui traite des incidences d'un changement climatique régional sur l'écoulement du Rhin et de la Moselle et du Main, ses principaux affluents. Un groupe de travail international composé d'experts d'instituts de recherche et d'administrations chargées de la gestion des eaux a réalisé les analyses et calculs, dont les résultats ont été présentés fin 2010. RheinBlick2050 sert de base pour les travaux d'instances nationales et d'autres organisations internationales. Les résultats du projet déterminent par exemple dans une large mesure les actuels travaux de la (CIPR) relatifs au changement climatique (voir la section 2.6 du présent rapport).

RheinBlick2050 se concentre exclusivement sur les incidences, à savoir les modifications du système physique. Le projet ne traite pas des mesures d'adaptation ou de réduction en rapport avec le changement climatique. L'une des caractéristiques du projet est qu'il ouvre une perspective commune, concertée et transfrontalière sur les modifications du débit. La structure de l'expérience suit une étude caractéristique relative à l'influence du changement climatique sur l'hydrologie. Un scénario précis d'émissions de gaz à effet de serre est ainsi utilisé avec différents modèles climatiques internationaux. A l'aide d'un modèle climatique régional (RCM), un lien est établi entre les observations larges (conditions atmosphériques p. ex.) et les informations de la station (température p. ex.) (régionalisation). A partir des jeux de données ainsi disponibles, une correction des erreurs systématiques dans les résultats des simulations quotidiennes du RCM relatives à la température de l'air et aux précipitations est effectuée après une évaluation complète et le choix d'une chaîne de modélisation. Des calculs de modèles hydrologiques en vue de l'analyse de l'évolution future de l'écoulement et des basses et hautes eaux des cours d'eau sont ensuite exécutés. La fourchette et les tendances des scénarios servent à déterminer les modifications et facilitent la communication des résultats. Les évaluations sont effectuées pour le niveau d'eau choisi sur le Rhin, le Main et la Moselle.

---

<sup>1</sup> Le Plan Delta hollandais (ouvrages Delta de l'avenir) vise à protéger durablement les Pays-Bas contre les inondations causées par la mer et les fleuves, et à maintenir l'alimentation en eau douce.

<sup>2</sup> <http://www.chr-khr.org/de/projekte/rheinblick2050>.

RheinBlick2050 n'entrevoit pas pour la zone d'observation concernée (Rhin, Main, Moselle), dans un avenir proche (2021 à 2050), de tendances nettes au changement par rapport à la période de comparaison (1961 à 1990) au cours de l'été hydrologique (mai à octobre) pour les débits moyens et faibles. Des débits croissants seront probablement constatés durant l'hiver hydrologique (novembre à avril) en période de basses eaux. Si l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre persiste d'ici à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, les modifications du régime hydrologique seraient toutefois, d'après l'état actuel des connaissances, plus nettes. Pour le débit moyen du Rhin, du Main et de la Moselle, des augmentations comprises entre 5 % et 40 % en hiver et des baisses comprises entre 5 % et 30 % en été sont par exemple simulées dans ces conditions pour un avenir lointain (2071 à 2100).

RheinBlick2050 montre notamment qu'il n'existe pas qu'une seule projection du régime hydrologique. Des évolutions possibles variées produisent une fourchette de probabilité des développements futurs. Compte tenu de la période de simulation prolongée et des incertitudes qui en résultent, des améliorations futures prévisibles des modèles de climat ainsi que des nombreux autres facteurs d'influence sur l'évolution future des débits, les responsables du projet estiment qu'il est nécessaire de développer des projets tels que RheinBlick2050 à des intervalles réguliers.

Les résultats concrets des calculs modélisés sont présentés au chapitre 3.

## **2.6 Étude des scénarios du régime hydrologique du Rhin<sup>1</sup>**

A la demande de la CIPR, un groupe d'experts, aux délibérations duquel le secrétariat de la CCNR a participé, a réalisé entre 2008 et 2011, l'"étude de scénarios du régime hydrologique du Rhin". Ces derniers comprennent des analyses et des représentations complètes des modifications passées et futures possibles du climat, des réserves d'eau et des températures de l'eau pour la période, pertinente pour la planification, allant jusqu'à 2050 (au total, des analyses de scénarios climatiques jusqu'en 2100). L'étude doit constituer la base d'autres travaux de la CIPR, et permettre ainsi l'identification des dangers et risques potentiels et le développement de concepts de prévention/ stratégies d'adaptation durables concernant la gestion des eaux.

L'étude vise à assembler les résultats actuels relatifs aux conséquences possibles du changement climatique sur le Rhin. Des activités de recherche et projets associant de nombreuses institutions ont traité, pour différentes paramètres hydrologiques du bassin du Rhin, des jeux de données étendus à l'aide de méthodes définies à l'échelle transfrontalière, et garantissent ainsi une vue intégrale des connaissances actuelles de la technique. Des prévisions précises et "véridiques" ne sont par conséquent pas possibles. Les résultats évoluent dans des marges de variation très larges.

Ceci vaut tout particulièrement pour les débits extrêmes simulés. Des déficits méthodiques apparaissent en ce qui concerne traitement de la fréquence de survenance des crues. Celles-ci surviennent plus particulièrement sur le Rhin supérieur. Quelques aspects hydrodynamiques, comme p. ex. l'effet de rétention des débordements et des ruptures de digues, l'effet de rétention du lit majeur, des mesures de prévention des hautes eaux, etc. ne sont actuellement pas pris en considération.

---

<sup>1</sup> Étude des scénarios du régime hydrologique du Rhin, avril 2011, rapport n° 188, Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR)

Les marges de variation présentées rendent transparentes les incertitudes liées aux simulations effectuées avec les modèles actuels. Il convient à cet effet de tenir compte du fait qu'en dépit de la complexité élevée et de la variété des modèles utilisés, le "véritable avenir" pourrait se situer en dehors de cette marge de variation. Les modèles actuels ne tiennent pas encore compte de tous les éléments du système climatique ou du régime des eaux ; les modèles climatiques globaux ne sont p. ex. pas toujours couplés à un cycle de carbone. La situation devrait toutefois changer avec la présentation du rapport d'état de l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) attendu d'ici à 2013/2014.

Les résultats présentés sont toutefois globalement plus modérés que ceux qui ont été publiés jusqu'ici. On ne peut toutefois en aucun cas parler de "levée d'alerte". Selon des calculs plus récents, les modifications exprimées en pourcentages se situent pour certaines nettement dans la fourchette à deux chiffres et, si elles devaient se confirmer, elles contraindraient l'hydrosystème du Rhin à faire preuve d'une capacité d'adaptation élevée, en plus de celle déjà exigée pour réagir aux modifications du 20<sup>ème</sup> siècle.

Des modifications nettement plus importantes devraient en outre être enregistrées – comme le montrent les études de sensibilité – dans l'hypothèse d'une augmentation continue de la concentration des gaz à effet de serre d'ici à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle.

Ce rapport a volontairement renoncé à la représentation d'un ensemble de modèles. Ce dernier représente dans le cas de la médiane, uniquement le point central d'une plage de simulations, dont la probabilité doit être considérée comme égale pour toutes<sup>1</sup>. Son choix ne peut pas être justifié de façon objective. Une réduction des discussions d'adaptation à une seule "valeur climatique" peut donner une impression erronée des connaissances réelles relatives aux possibles conséquences du changement climatique.

L'étude de scénarios pour le régime des débits du Rhin aboutit à la conclusion que la prise de décision relative à une stratégie d'adaptation doit tenir compte des incertitudes liées aux projections d'avenir. Il est notamment de la responsabilité du décideur de dimensionner une mesure d'adaptation selon la valeur supérieure ou inférieure ou à partir de l'estimation médiane de l'ensemble des projections.

## **2.7 Incidence du changement climatique sur le réseau de voies de navigation intérieure (ECCONET)<sup>2</sup>**

L'objectif de ce projet de recherche est de rassembler l'expertise de partenaires issus de domaines tels que la météorologie, l'hydrologie, les infrastructures, le transport et l'économie afin d'étudier les conséquences du changement climatique sur le réseau de transport en retenant l'exemple des voies de navigation intérieure.

Dans le cadre de ce projet sont pris en compte aussi les projets EWENT<sup>3</sup> et WEATHER<sup>4</sup>, qui étudient les effets de conditions météorologiques extrêmes sur le secteur du transport dans son ensemble, sans porter spécifiquement sur la navigation intérieure.

Le projet ECCONET comporte deux objectifs de recherches parallèles :

- Analyse des différents effets du changement climatique sur la navigation intérieure ;
- Analyse de stratégies d'adaptation et de leurs conséquences pour le secteur.

Dix partenaires européens participent au projet ECCONET dans le cadre du septième programme cadre européen de recherche. Les résultats du projet sont attendus en 2012 et devraient conduire à la définition d'orientations politiques ainsi que d'un cadre stratégique pour la navigation intérieure.

---

<sup>1</sup> En règle générale, il n'y a pas lieu de mentionner des probabilités objectives dans les analyses basées sur des scénarios. A cet égard, les "probabilités" sont toujours conditionnées par les suppositions et modèles choisis de manière subjective.

<sup>2</sup> [www.ecconet.eu](http://www.ecconet.eu)

<sup>3</sup> <http://virtual.vtt.fi/virtual/ewent/index.htm>

<sup>4</sup> <http://www.weather-project.eu>

### 3. Evolution hydrologique

Le Rhin présente aujourd'hui un débit régulier grâce, au printemps et en été, à l'eau provenant de la fonte des neiges et des précipitations alpines et, en automne et en hiver, aux précipitations tombant dans les régions de moindre altitude. L'eau provenant de la fonte des couches de neige hivernales et des glaciers est aujourd'hui une source importante qui permet au Rhin de conserver un débit régulier à une époque où les précipitations se font plus rares. Cette influence régulatrice va régulièrement décroître à l'avenir en raison de la fonte des glaciers. La probabilité de périodes plus longues de basses eaux avec un niveau exceptionnellement bas se trouve renforcée à long terme (2071 à 2100).

Plusieurs régimes hydrologiques se superposent dans la région du Rhin. La zone sud située à proximité des Alpes est caractérisée par l'alternance de couches de neige hivernales et de fontes des neiges estivales et par des précipitations estivales assez importantes. On parle de "régime de neige" ou de "régime nival". Les événements de basses eaux ont par conséquent essentiellement lieu en hiver et les événements de hautes eaux essentiellement en été. Le "régime de pluie" ou "régime pluvial" est quant à lui caractéristique des affluents du Rhin (Neckar, Main, Lahn, Moselle etc.) qui drainent la zone de moyennes montagnes. Ce régime présente une dominante de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales. La superposition des deux régimes entraîne en aval du Rhin une répartition de plus en plus régulière du débit sur l'année. On parle de "régime combiné", comme à l'échelle de Cologne.

Les modifications des conditions climatiques générales se répercutent sur le régime hydrologique. Sur l'ensemble du 20<sup>ème</sup> siècle, on relève en tendance des précipitations plus abondantes ("pluvialisation") se traduisant par une augmentation des débits hivernaux. Il en résulte pour la répartition saisonnière des débits que ceux-ci tendent à être plus monotonisés au sud et plus contrastés au nord. Ces tendances se poursuivent au cours du 21<sup>ème</sup> siècle et pourraient même s'accroître en raison de la baisse des débits en été. Les plages de valeurs représentées dans le tableau ci-après s'intègrent dans ces tendances fondamentales.

Les plages de valeurs résultent de nombreuses simulations modélisées mises à disposition par différentes activités de recherche et institutions nationales, et menées et méthodiquement harmonisées dans le cadre du projet de coordination RheinBlick2050. Les études ont montré qu'il n'existe pas de modèle "parfait" de simulation des futures conditions de débit et de chenaux. La pratique courante veut que différents modèles sont utilisés afin d'appréhender la plage d'incertitude des simulations.

**Tableau 1** : Modifications à attendre exprimées en pourcentage du débit de basses eaux (NM7Q) entre la période de 30 ans du présent simulé (1961-1990) et celle du milieu du 21<sup>ème</sup> siècle (2021-2050 – futur proche) et de la fin du 21<sup>ème</sup> siècle (2071-2100 – futur éloigné).  
Les échelles en italique ne sont pas situées sur le Rhin. (Source : Nilson et al., 2010b)

	Echelle	2021 – 2050	2071 - 2100
NM7Q Eté hydrologique 6 mois (mai-oct)	Bâle	+/-10%	-20 à -10%
	Maxau	+/-10%	-20 à -10%
	Worms	+/-10%	-25 à -10%
	Caub	+/-10%	-25 à -10%
	Cologne	+/-10%	-30 à -10%
	Lobith	+/-10%	-30 à -10%
	Raunheim ( <i>Main</i> )	0 à +20%	-20 à 0%
	Trèves ( <i>Moselle</i> )	+/- 20%	-50 à -20%
NM7Q Hiver hydrologique 6 mois (nov-avr)	Bâle	+5 à +15%	0 à +15%
	Maxau	0 à +10%	-5 à +15%
	Worms	+5 à 15%	-5 à +15%
	Caub	0 à +15%	-5 à +15%
	Cologne	0 à +15%	0 à +20%
	Lobith	0 à +15%	-5 à +15%
	Raunheim ( <i>Main</i> )	+5 à 15%	0 à +20%
	Trèves ( <i>Moselle</i> )	+/-15%	0 à +20%

**NM7Q** : la moyenne arithmétique la plus basse du débit sur sept jours consécutifs

Gris      Aucune tendance

Bleu      Hausse du débit

Orange      Diminution du débit

Blanc      Aucune indication possible.

**Tableau 2:** Modifications à attendre exprimées en pourcentage du débit moyen de hautes eaux (MHQ) ainsi que du débit en situation de hautes eaux "fréquentes", "moyennes" et "extrêmes" (dans un ordre de grandeur de périodes de 10, 100 et 1000 ans) entre les périodes de 30 ans du présent simulé (1961-1990), du milieu du 21<sup>ème</sup> siècle (2021-2050 – avenir proche) et de la fin du 21<sup>ème</sup> siècle (2071-2100 – avenir éloigné). *Les échelles en italique ne sont pas situées sur le Rhin.* (Source : Nilson et al., 2010b)

Index	Echelle	Futur proche	Futur éloigné
MHQ Année hydrologique (nov-oct)	Bâle	-5% à +10%	-25% à +15%
	Maxau	-5% à +15%	-20% à +15%
	Worms	-10% à +20%	-15% à +15%
	Caub	-5% à +25%	-10% à +20%
	Cologne	0% à +20%	-5% à +25%
	Lobith	0% à +20%	-5% à +20%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% à +35%	0% à +35%
	<i>Trèves (Moselle)</i>	-10% à +15%	-10% à +20%
Débit en situation de hautes eaux "fréquentes"	Bâle	-10% à +10%	-20% à +20%
	Maxau	-15% à +20%	-15% à +25%
	Worms	-15% à +15%	-10% à +35%
	Caub	-15% à +15%	-5% à +40%
	Cologne	-5% à +15%	0% à +40%
	Lobith	-5% à +15%	0% à +35%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% à +30%	5% à +40%
	<i>Trèves (Moselle)</i>	-5% à +15%	0% à +25%
Débit en situation de hautes eaux "moyennes"	Bâle	-20% à +10%	-30% à +25%
	Maxau	-10% à +15%	-25% à +30%
	Worms	-5% à +20%	-25% à +35%
	Caub	-5% à +20%	-10% à +25%
	Cologne	0% à +20%	0% à +25%
	Lobith	0% à +20%	0% à +25%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% à +20%	0% à +35%
	<i>Trèves (Moselle)</i>	-5% à +25%	-5% à +25%
Débit en situation de hautes eaux "extrêmes"	Bâle	-20% à +35%	-10% à +50%
	Maxau	-20% à +35%	-20% à +65%
	Worms	-15% à +30%	-20% à +45%
	Caub	-5% à +25%	-10% à +30%
	Cologne	-5% à +25%	0% à +30%
	Lobith	-5% à +20%	-5% à +30%
	<i>Raunheim (Main)</i>	-5% à +40%	0% à +45%
	<i>Trèves (Moselle)</i>	-35% à +20%	-20% à +45%

**MHQ** : débit moyen en période de hautes eaux

Gris      Aucune tendance

Bleu      Hausse du débit

Orange      Diminution du débit

Blanc      Aucune indication possible.

## 4. Incidence sur la navigation rhénane

### 4.1 Echelle

Après analyse des études actuellement existantes, on ne constate pour les échelles étudiées aucune modification nette dans un futur proche, soit d'ici à 2050, par rapport à la situation actuelle. Différents paramètres de hautes eaux présentent pour plusieurs échelles des tendances à la hausse, mais les zones d'incertitude sont considérables (de -5 % à + 25 %). L'augmentation souvent supposée des situations de basses eaux extrêmes pour les mois d'été n'est pas confirmée. Les modifications projetées du débit de basses eaux ne présentent pendant l'été aucune tendance (+/- 10 %). Des valeurs en hausse sont même simulées pour les mois d'hiver (0 % à + 15 %), ce qui pourrait se révéler favorable pour la navigation.

Des modifications plus importantes sont présagées pour le futur éloigné (2071 à 2100), dans l'hypothèse d'une progression continue des émissions de gaz à effet de serre (et de l'augmentation de température qui l'accompagne). Pour les débits moyens, des modifications plus importantes sont actuellement simulées pour le futur proche. La fourchette augmente de 40 % pour quelques paramètres et échelles. La diminution estivale des débits de basses eaux est indiquée avec un pourcentage de 10 à 30 %, l'augmentation hivernale avec un pourcentage de 5 % à 30 %.

Pour l'échelle de Lobith, l'illustration ci-après présente des calculs modélisés pour 2100 (RHINEFLOW 3). Par rapport aux valeurs moyennes de 1901 à 2004 apparaît une hausse du débit en hiver et une baisse en été.

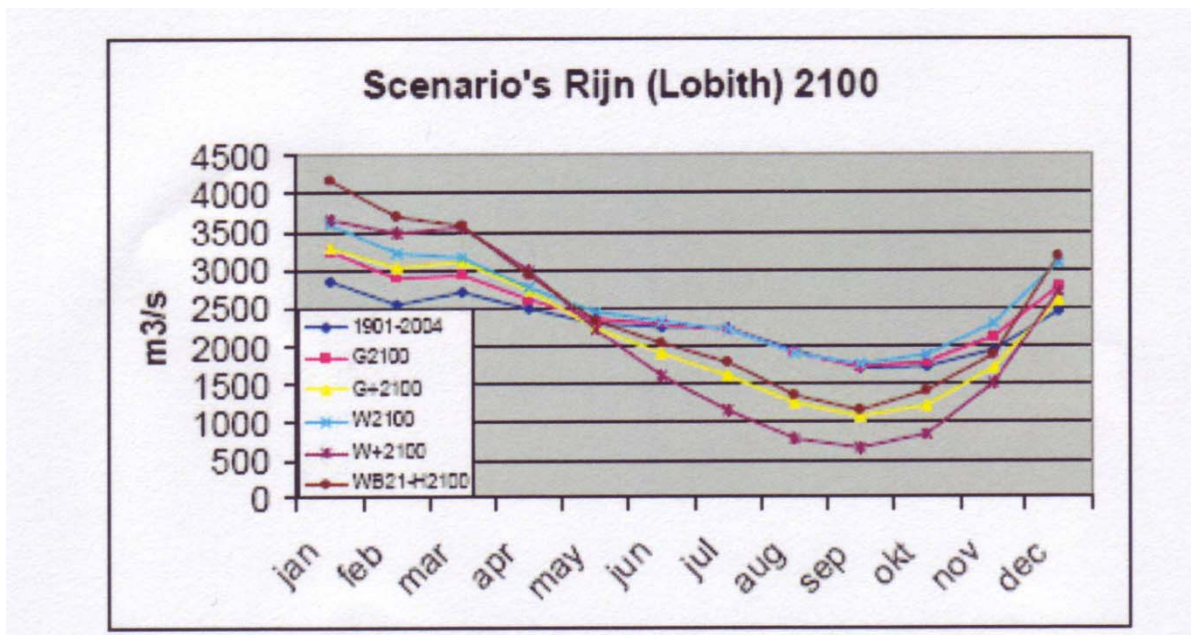


Figure 2 : Débit moyen mensuel pour différents scénarios en 2100

En dépit de la fourchette étendue des résultats, les scénarios montrent clairement que des mesures d'adaptation sont à considérer pour l'avenir éloigné (voir chapitre 5), afin surtout de compenser les périodes marquées de basses eaux prévues pour le Rhin au cours des mois d'été et les restrictions qui en résultent pour la navigation.

## 4.2 Infrastructure

A partir de 2050, les incidences du changement climatique sur le fonctionnement des infrastructures, et plus particulièrement sur les barrages du Rhin supérieur et, aux Pays-Bas, sur les ponts, les chenaux, les digues et les ports, ne sont pas exclues.

Les périodes de hautes et basses eaux sont également, indépendamment du changement climatique, très importantes pour les installations de navigation, doivent de toute façon être observées et doivent être prises en compte pour les transformations et les constructions nouvelles.

Le tableau 3 présente les points critiques des infrastructures de la navigation susceptibles de poser des problèmes lors des hautes et basses eaux :

**Tableau 3:** Infrastructure critique

Ouvrage	Observations
Ecluses	Lorsque la profondeur de l'eau devient trop faible au niveau du bief amont de l'écluse, le busc peut devenir un point critique lors de l'entrée. Ce seuil, qui forme avec les portes de l'écluse la barrière étanche à l'eau, présente souvent une hauteur légèrement supérieure à celle du chenal adjacent.
Ponts	Les scénarios extrêmes se caractérisent pas des périodes de basses eaux prolongées, mais également par des hautes eaux. Des problèmes peuvent ainsi survenir, plus particulièrement pour la navigation de conteneurs, lors du passage sous les ponts de faible hauteur situés entre Bâle et Strasbourg.
Ports et quais	L'utilisation de bassins portuaires ou de quais peut se trouver limitée partiellement ou totalement en cas de niveaux d'eau extrêmement bas.
Digues	Les digues servent avant tout de protection contre les hautes eaux, mais sont également utiles à la navigation. Un endommagement accru des digues sous l'effet des hautes eaux pourrait occasionner des entraves à la navigation. A l'inverse, un renforcement et une élévation des digues destinées à la protection contre les hautes eaux permettraient une navigation en cas de niveaux d'eau supérieurs aux niveaux actuels.
Chenal/Lit	Le lit du fleuve est soumis à des modifications constantes, à savoir d'une part les activités humaines, et d'autre part les processus naturels tels que le dépôt de sédiments et l'érosion. La sédimentation et l'érosion subissent notamment l'influence de l'hydraulicité et la vitesse du courant, qui sont quant à elles influencées par le débit. L'augmentation des situations de débit extrêmes en raison du changement climatique entraînera ainsi une augmentation de l'érosion et de la sédimentation.
Aires de stationnement	Les aires de stationnement doivent être conçues pour les niveaux d'eau extrêmes. Ceci veut aussi bien pour leur aménagement que pour le nombre d'aires de stationnement disponibles, ces dernières étant recherchées par davantage de bateaux en cas de hautes eaux.
Epis	Les épis servent à maintenir une hauteur d'eau navigable durant les périodes de basses eaux et nécessitent les adaptations correspondantes.



### **4.3 Débâcle**

Les températures de l'eau et de l'air n'ont aucune influence directe sur la navigation.

Au cours de certaines années, la navigation intérieure sera toutefois fortement affectée par la formation de glace, en particulier sur les canaux. Une augmentation des températures en hiver profite directement à la navigation sur les canaux, de même qu'indirectement à la navigation rhénane. En revanche, il est probable que l'amélioration de la qualité de l'eau augmente la température de gel des eaux, de sorte que celles-ci gèleront plus fréquemment malgré la hausse de la température moyenne de l'air. Tel pourrait éventuellement être le cas aussi sur le Rhin.

### **4.4 Hausse du niveau de la mer**

La hausse du niveau de la mer conduira à plus long terme à une hausse des niveaux d'eau des fleuves et à des modifications de leur lit. Les conséquences seront probablement limitées à l'embouchure et aux secteurs voisins du Rhin. Les marées auront également un effet à l'intérieur des terres. Pour la navigation intérieure, la hausse du niveau de la mer aura un effet favorable en raison des plus grandes hauteurs d'eau disponibles. Toutefois, le fleuve ne réagit aux marées qu'avec retard.

## **5 Conclusion et mesures possibles**

### **5.1 Conclusion**

Selon l'état actuel des connaissances, aucune modification nette par rapport à aujourd'hui n'apparaît dans un futur proche (jusqu'à 2050) pour les échelles étudiées.

A partir de 2050, des incidences sur le fonctionnement des infrastructures en conséquence du changement climatique ne sont pas exclues.

### **5.2 Mesures possibles**

Le présent rapport vise à énoncer des mesures permettant, même en cas de périodes prolongées de hautes et basses eaux liées au climat, de garantir une navigation sûre et rentable.

Bien qu'il existe de nombreuses mesures susceptibles de permettre l'adaptation de la voie navigable du Rhin au changement climatique, l'état actuel des connaissances ne permet qu'une évaluation très limitée de ces mesures.

Par conséquent, il n'est pas encore possible actuellement de décrire de manière détaillée des scénarios pour la préservation à long terme de la navigation rhénane.

Les situations de hautes et basses eaux futures ne sont en tant que telles pas nouvelles et ne résultent pas uniquement du changement climatique. Il en résulte que la navigation intérieure a déjà développé des mesures permettant d'assurer aussi le transport dans des conditions défavorables et a déjà appliqué ces mesures, par exemple au cours de longues périodes de sécheresse.

Parallèlement sont déjà constatés actuellement des développements qui pourraient s'avérer précieux dans un avenir lointain (2071-2100) face au changement climatique. La prise en compte et l'utilisation des informations dans la chaîne logistique revêtent déjà actuellement une grande importance. Dans le cadre du concept de services d'informations pour la navigation intérieure (SIF) ont été mis au point des systèmes destinés à informer les acteurs sur les hauteurs d'eau actuelles, les prévisions concernant les hauteurs d'eau, pour la planification des voyages et pour le guidage du trafic. Ici interviennent également le système d'identification automatique (AIS) et le système pour la visualisation électronique de cartes de navigation intérieure et d'informations connexes (ECDIS). Il existe déjà actuellement une demande pour des informations précises concernant les possibilités de tirant d'eau et les hauteurs d'eau. Des prévisions fiables sur plusieurs jours concernant les hauteurs d'eau présenteraient également un intérêt pour la planification des voyages et des chargements. Le changement climatique aura certainement pour conséquence une hausse de la demande concernant de telles informations.

En l'état actuel des connaissances relatives aux situations possibles de hautes et de basses eaux, aucune mesure n'est à prévoir directement pour la navigation rhénane. Il est toutefois souhaitable de prendre en compte à chaque fois que possible les conséquences du changement climatique lors de la construction de nouvelles infrastructures. Ceci fait partie des mesures dites "sans regret". On entend par là des mesures exécutées indépendamment de l'objectif "adaptation de la navigation rhénane au changement climatique" qui contribuent néanmoins à la réalisation de ce dernier. Ce sont des mesures qui peuvent être prises sans devoir être "regrettées" ultérieurement, car elles servent au départ un autre objectif.

A plus long terme, il est probable que soient nécessaires en plus de ces mesures des interventions plus urgentes en fonction de l'évolution du changement climatique.

### **Adaptations infrastructurelles sur le fleuve**

Deux catégories de mesures infrastructurelles d'adaptation peuvent être distinguées et sont décrites ci-après.

#### Mesures techniques

La navigabilité peut être améliorée par des mesures techniques dans le chenal navigable, par exemple des dragages, mise en place d'épis, colmatage des creux, pose de boucliers, pose d'épis immergés, ouvrages parallèles et modification des épis existants. Sous certaines conditions, ces mesures peuvent se traduire par une amélioration structurelle de la navigabilité. Les dragages constituent de loin la solution technique la moins onéreuse pour améliorer la navigabilité. Des mesures durables et onéreuses sont toutefois privilégiées actuellement car les travaux de dragage sont susceptibles d'entraver la navigation et d'augmenter le risque d'accidents.

#### Régulation du Rhin

La régulation de certains secteurs du Rhin est possible au moyen de barrages et d'écluses. Durant les périodes de faible débit, les barrages sont fermés et garantissent ainsi une profondeur suffisante pour la navigation. Malgré les retards qui en résultent, ces écluses permettent de poursuivre la navigation.

### **Gestion des eaux**

Il s'agit notamment de mesures destinées à retenir plus longtemps les eaux sur le Rhin supérieur. Ceci est possible par la construction d'installation de rétention des eaux et de nouveaux barrages dans les Alpes et par la mise en œuvre de mesures supplémentaires en vue de la rétention. Toutefois, il existe aussi des mesures durables de restauration de l'état naturel, par exemple la revitalisation de zones humides et le descellement. Ceci pourrait contribuer à ralentir le débit et à l'équilibrer sur l'année.

### **Gestion de la logistique**

Il s'agit d'augmenter la marge de manœuvre et la flexibilité de l'approvisionnement par une modification de la chaîne logistique. Ceci est possible par la mise à disposition de lieux de stockage plus vastes, de davantage de capacité de stockage, de trajets alternatifs, de modes de transport supplémentaires ou d'installations de manutention supplémentaires dans les ports et terminaux. Une capacité de stockage supplémentaire et des bateaux plus petits constituent les solutions les plus pratiques pour les lieux situés en amont du fleuve. L'utilisation temporaire de bateaux en tant que lieux de stockage flottants serait également envisageable. Une extension des horaires quotidiens d'exploitation des bateaux peut avoir un effet bénéfique sur la gestion logistique tout en améliorant la rentabilité. Ceci semble très efficace et deux objectifs sont ainsi visés.

### **Gestion des flottes**

Ici sont considérés plus particulièrement les bateaux présentant un faible tirant d'eau. Ces bateaux sont à la fois plus larges et plus longs et sont constitués de matériaux légers. En outre, certains de ces bateaux sont équipés de dispositifs de sustentation supplémentaire (temporaires).

Pour la mise en œuvre de certaines mesures, comme par exemple l'approfondissement plutôt que l'élargissement du chenal de navigation, la création d'installations de retenue de l'eau, le descellement et la revitalisation, il convient d'envisager des périodes très longues pour la planification. Les contrôles de compatibilité environnementale prescrits pour les mesures relatives à l'environnement et la participation du public et des acteurs concernés peuvent également exiger beaucoup de temps en fonction de l'ampleur des mesures.

Le dernier rapport IPCC présentant les informations actualisées relatives aux modifications climatiques à prévoir est attendu pour la fin de l'année 2013. Ce rapport tiendra probablement compte du développement des modèles climatiques globaux. Il est probable que ces modèles climatiques ajustés fourniront une indication plus fiable de l'évolution future du changement climatique et de ses effets sur le régime hydrologique du Rhin.

### **Conclusion**

Aucune mesure structurale immédiate ne s'impose actuellement.



## Changement climatique et logistique en navigation rhénane

### Introduction

1. A l'horizon 2050, selon toute vraisemblance, la navigation rhénane devra faire face à une hydraulité probablement bien plus incertaine avec, d'une part, la formation plus fréquente d'ondes provoquant des crues susceptibles d'entraver la navigation et, d'une part, des périodes plus fréquentes et prolongées de faible débit, provoquant des basses eaux. Bien qu'il s'agisse de conditions qui n'apparaîtront que très progressivement, le passé récent permet d'imaginer dès à présent quelles seront les nouvelles conditions générales dans lesquelles se dérouleront les activités logistiques.
2. Comment caractériser au début du 21<sup>ème</sup> siècle la navigation intérieure en tant que composante d'un système de transport continental performant et comprenant quatre modes de transport distincts : la route, le rail, ainsi que la voie d'eau, à travers le short sea et la navigation intérieure. D'une manière générale, l'activité de transport a été progressivement intégrée dans les activités industrielles et celles de la distribution. Au niveau de l'industrie, il s'agit de l'alimentation en matière brute, en amont de la production, ainsi que de la distribution des produits (semi) finis, en aval. D'une manière générale, l'activité de la distribution permet de distinguer plusieurs étapes, dont certaines concernent également la navigation intérieure. En outre, il convient de préciser que l'activité de transport par voie navigable se situe ainsi dans un contexte :
  - au niveau du trajet, qui relie les ports maritimes avec les grands centres industriels et de distribution dans l'arrière-pays,
  - au niveau de l'organisation, d'une planification, d'un conditionnement et d'une manutention marqués d'une grande précision.

Il en résulte comme exigence principale la plus grande fiabilité possible.

### Rôle de la navigation intérieure au niveau de l'économie et de l'approvisionnement des industries, voire de la distribution.

#### a) Importance de la navigation intérieure pour l'approvisionnement de l'industrie

3. L'importance logistique de la navigation intérieure pour l'approvisionnement de l'industrie concerne principalement le transport de diverses marchandises sèches ou liquides en vrac :
  - minerai et charbon pour l'industrie sidérurgique
  - charbon pour les centrales électriques et thermiques du secteur de l'énergie
  - matières premières agricoles pour l'industrie alimentaire (par ex. les moulins à huile) et production de sources d'énergie renouvelables (par ex. l'éthanol)
  - matières premières pétrochimiques (par ex. le naphta) pour l'industrie chimique
  - transports des distillats moyens pour l'équilibrage des capacités de différentes raffineries de l'industrie pétrolière
4. Dans certaines parties du segment de la cargaison en vrac, les parts de marché de la navigation intérieure sont très élevées. Tel est notamment le cas pour l'industrie sidérurgique et le secteur de l'énergie. Dans l'industrie sidérurgique allemande, la part de marché de la navigation intérieure s'élève à environ 60 % pour la réception de minerai, à environ 40 % pour la réception de charbon et à environ 20 % pour la ferraille d'acier.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Source : Wirtschaftsvereinigung Stahl

5. À cet égard, doivent être prises en compte les disparités régionales pour les répartitions modales: de grandes parties de l'industrie sidérurgique allemande ne sont pas implantées sur le Rhin, mais en Allemagne du nord et les aciéries locales sont pour la plupart approvisionnées par le rail.

On peut néanmoins constater que, de manière générale, d'importants segments de l'industrie sidérurgique allemande, belge et française assurent leur approvisionnement en minerai par une combinaison de navires de mer et de bateaux de la navigation intérieure (principalement via les ports de Rotterdam, Anvers, Gand).<sup>1</sup> . Dans le secteur des marchandises en vrac, le mode de transport bateau de la navigation intérieure bénéficie des facteurs suivants :

- *Avantages financiers liés au volume :*  
Les capacités de transport élevées des bateaux de la navigation intérieure par rapport à celles des trains et des poids-lourds se traduisent par des avantages financiers liés au volume (effets d'échelles) et donc par une meilleure compétitivité par rapport aux deux autres modes de transport.
- *Longues distances de transport pour les matières premières destinées à l'industrie :*  
Un navire de mer nécessite deux à trois semaines pour acheminer du minerai du Brésil jusqu'à Rotterdam. Le transport par bateau de navigation intérieure de Rotterdam jusqu'aux aciéries du bassin de la Ruhr ne nécessite qu'environ une journée. Ainsi, la part du transport par bateau de la navigation intérieure dans le processus complet d'approvisionnement en matières premières et les inconvénients de la navigation intérieure sur le plan de la rapidité n'entrent guère en ligne de compte.

Des exemples similaires existent également dans l'approvisionnement et les échanges mondiaux de produits agricoles destinés à l'industrie alimentaire. A titre d'exemple, du soja est importé des Etats-Unis par des navires à destination de Rotterdam, puis transporté sur le Rhin, le canal Rhin-Main-Danube et sur le Danube jusqu'en Hongrie, où il est transformé en alimentation animale.

6. Dans le cadre d'une politique d'entreprise visant à limiter les frais de stockage, les ports maritimes servent de plus en plus de lieux de stockage avancés pour d'importantes matières premières et des produits intermédiaires de l'industrie (par exemple pour l'industrie sidérurgique). A partir de ces ports maritimes, l'approvisionnement de l'industrie est assuré par la navigation intérieure en volumes relativement faibles, en fonction des besoins sur le site de production. Dans le processus de production, les ports maritimes servent ainsi de tampon en association avec l'acheminement par la navigation intérieure (*forward integration*).
7. En résumé, on peut donc constater que :
- *les faibles coûts de transport du bateau de navigation intérieure et*
  - *les grandes distances pour le transport de matières premières à l'échelle mondiale*
- ont pour conséquence une grande compétitivité du bateau de navigation intérieure pour le transport de marchandises en vrac et que
- *dans le cadre d'une politique de stockage de l'industrie visant à limiter les coûts, les bateaux de la navigation intérieure assurent de manière optimale sur le plan des coûts et des délais l'approvisionnement en matières premières à partir des ports maritimes utilisés en tant que lieux de stockage intermédiaires.*

#### **b) Importance de la navigation intérieure dans la distribution de biens et de marchandises**

8. Les statistiques relatives aux transports montre qu'il existe dans le transport par bateaux de la navigation intérieure une prépondérance des importations par rapport aux exportations. Ceci apparaît lors d'une comparaison des volumes transportés sur le Rhin vers l'amont par rapport à ceux transportés vers l'aval. Ceci s'explique par la position concurrentielle particulière évoquée ci-avant de la navigation intérieure pour le transport de matières premières et par le fait que les marchandises en vrac sont souvent des matières premières en provenance de l'outre-mer, lesquelles doivent être importées en Europe.

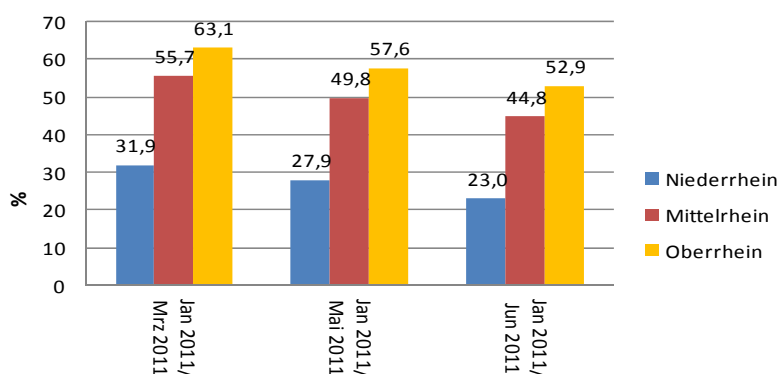
---

<sup>1</sup> Le port de Gand présente certes des dimensions relativement modestes, mais il est fortement axé sur le segment de l'acier.

Toutefois, il existe aussi des secteurs économiques qui utilisent dans une large mesure la navigation intérieure pour la distribution. Outre l'industrie sidérurgique en font partie notamment l'industrie pétrolière, l'industrie chimique et le secteur agricole.

9. On peut ainsi constater dans le secteur de l'industrie pétrolière que la voie d'eau atteint une part modale de 50 % et davantage pour la distribution de produits de raffinage en provenance de quatre des sept raffineries implantées dans le bassin du Rhin (voir le rapport "Observation du marché 2011-1).
10. Pour la distribution de biens de consommation et d'autres marchandises de grande valeur, par exemple des machines et équipements, la navigation intérieure est intégrée dans la logistique des conteneurs. De manière générale, la logistique des conteneurs se caractérise par des calendriers de transport fixes. Ce segment implique ainsi des exigences élevées en matière de respect des délais et de fiabilité.
11. Le transport de conteneurs par voie d'eau se développe nettement plus vite que le transport par bateau de la navigation intérieure dans son ensemble. A titre d'exemple, le transport de conteneurs sur la Seine entre Le Havre et Paris a quintuplé entre les années 2000 et 2009 (hausse de 22 700 EVP à 128 900 EVP), tandis que l'intégralité du transport fluvial en Ile-de-France a stagné durant cette même période<sup>1</sup>. En Allemagne aussi, le transport de conteneurs a connu une croissance nettement plus marquée que celle de l'ensemble de la navigation intérieure.
12. L'exemple de l'avarie du bateau-citerne "Waldhof" survenue en janvier 2011, qui a eu pour conséquence une interruption de la navigation sur le Rhin, témoigne du rôle accru de la navigation intérieure pour le transport de conteneurs. Ainsi, les semaines d'interruption de la navigation sur le Rhin suite à cette avarie survenue le 13.01.2011 se sont traduites en janvier et février par d'importantes pertes dans le segment du transport de conteneurs pour l'intégralité du Rhin. L'effet a été le plus marqué en janvier.
13. Les conséquences ont toutefois été variables d'un secteur à l'autre du Rhin. Sur le Rhin supérieur, en amont du lieu de l'avarie, a été constatée en janvier une baisse de 50 % à 60 % du transport de conteneurs par rapport au niveau « habituel<sup>2</sup> ». Les effets ont été moins marqués sur le Rhin moyen, où la baisse était comprise entre 45 % et 50 %.
14. Par rapport à ces deux secteurs, les effets ont été moindres sur le Rhin inférieur. Dans ce secteur, le transport de conteneurs n'a été affecté que par la baisse de trafic en provenance du sud (du Rhin supérieur et moyen en direction du Rhin inférieur), tandis que les importations et exportations transitant par les ports maritimes ont pu se poursuivre sans entrave.

**Illustration** : Baisse du transport de conteneurs sur le Rhin suite à l'avarie du bateau-citerne "Waldhof" \*



Source : Calculs de la CCNR. \* Les indications en % indiquent le pourcentage de baisse du transport de conteneurs (EVP) par rapport à janvier, mai et juin 2011.

<sup>1</sup> Source : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme

<sup>2</sup> Par "niveau habituel" on entend ici la moyenne du transport de conteneurs en 2010. Les valeurs pour mai et juin 2011 correspondaient globalement à cette moyenne.

## Analyse

15. La fiabilité dans le transport se définit par la livraison dans l'état qui convient à un endroit précis et à une heure précise, le mode de transport effectivement utilisé, étant un critère de degré secondaire. Ainsi se définit l'enjeu concernant la navigation intérieure lorsqu'il s'agit de répondre sur la base des scénarii pour l'hydraulicité aux exigences de la logistique.
16. Les effets d'une hydraulicité plus fluctuante pourraient être résumés de la manière suivante :
  - a) de hautes eaux menant à un arrêt de la navigation ;
  - b) des périodes de basses eaux, entraînant progressivement une diminution de la capacité de transport effectivement disponible sur le marché ;
  - c) de telles basses eaux, que certains segments de la flotte n'auront plus accès aux voies navigables et doivent arrêter temporairement leur activité.
17. L'incidence de l'hydraulicité sur la capacité disponible sur le marché fait partie des caractéristiques fondamentales de la navigation intérieure. En effet, la composition de la flotte active tient compte d'une certaine marge, nécessaire pour faire face aux variations d'hydraulicité durant l'année, afin d'assurer la continuité du transport dans des conditions normales.
18. Au cours des dernières décennies sont survenues davantage de situations plus extrêmes, entraînant :
  - des interruptions de la navigation en raison de crues,
  - une diminution plus marquée de l'offre de cale en raison de périodes de basses eaux plus longues.
19. Ces situations permettent d'identifier des mesures d'adaptation à prendre au niveau de l'exécution du transport en vue de l'exigence de la fiabilité. L'arrêt de la navigation suite à l'accident à la hauteur de la Lorelei (2011) cadre parfaitement. Dans chacune de ces situations, la réponse a été trouvée sous forme d'élasticité. A titre indicatif, les élasticités exploitées se résument comme suit :
  - a) **Elasticité de l'offre globale :**

Les incertitudes liées à l'hydraulicité entraînent une difficulté réelle de prévoir avec précision la capacité de la flotte sur le marché. Il s'agit d'un phénomène qui se fait sentir au micro-niveau de l'opérateur fluvial tout comme au macro-niveau de la flotte dans son ensemble. Au micro-niveau les opérateurs ont plusieurs instruments à leur disposition pour ajuster la capacité à la demande :

    - adaptation du temps d'exploitation ;
    - affrètement de capacités complémentaires.

Il en résulte une élasticité intrinsèque assez importante.

L'effet de la raréfaction de la capacité se fait également sentir au niveau du prix, les frets étant étroitement liés à l'hydraulicité. Suivant l'effet combiné de la demande actuelle et de l'hydraulicité, les augmentations des frets pourraient être en rapport avec la diminution ponctuelle de la capacité de transport engagée ou même aller au-delà de l'effet de cette contrainte d'exploitation. Par ailleurs, l'automne est réputé pour ce phénomène du fait d'une hydraulicité traditionnellement faible durant cette période, permettant, le cas échéant, aux opérateurs fluviaux plus directement concernés d'équilibrer leur exploitation sur l'année.



**b) Elasticité de la demande :**

Sur le marché du transport par voie d'eau, les marchandises pourraient être distinguées suivant la présence d'une élasticité ou de toute absence d'élasticité :

- Le transport des matières primaires, dont la valeur par rapport au prix de transport est peu élevée se montre sensible aux fluctuations des frets. Ainsi, la demande de transport de sable et de graviers pourrait diminuer sensiblement sous l'effet de frets trop élevés, les coûts du transport pesant lourdement sur le prix de revient.  
Pour d'autres matières, telles que les denrées alimentaires, ce phénomène pourrait se traduire par une rétention des marchandises dans les ports maritimes en attendant leur distribution dans l'arrière-pays dès rétablissement de l'hydraulicité. ;
- Les segments dont la demande est peu sensible aux fluctuations des frets, concernent :
  - Les transports traditionnellement effectués dans le cadre de contrats annuels ; ici les adaptations nécessaires suite à une faible hydraulicité se traduiraient par une extension de la capacité à travers un affrètement occasionnel ; des flux de transport importants sont effectués sur cette base (minerais, charbon, produits chimiques) ; le niveau de fret retenu dans les contrats concernés tient compte des imprévus au niveau de l'hydraulicité ;
  - Les transports qui se situent dans une concurrence au jour le jour avec d'autres modes de transport. Il s'agit principalement de transports de conteneurs ; ici, le tarif appliqué s'oriente, a priori, vers les tendances observables sur le marché de tous les modes confondus, en dépit de la possibilité d'ajustements marginaux ;
  - Un segment atypique concerne celui du transport de produits pétroliers (essence et gasoil notamment). La demande de transport momentanée étant principalement dépendante des fluctuations du prix de revient de la matière sur le marché mondial (marché à terme), et étant donné un faible rapport entre ce prix et les coûts du transport, il n'y a quasiment pas d'effet des frets au jour le jour sur la demande. Il convient de rappeler que le transport par bateau citerne de ces produits s'effectue sur un marché où il n'y a pas de réelle concurrence modale.

**c) Elasticité au niveau du partage modal :**

Dans la situation où l'incidence sur la navigation des phénomènes exogènes (hydraulicité ; avaries, ...) est telle que certains ou tous les transports vers certaines destinations ne peuvent plus être effectués, il ne reste que le recours à d'autres modes pour répondre à la demande. Cette réalité s'est d'ores et déjà traduite, de part et d'autre dans la chaîne logistique, par des stratégies permettant d'assurer la continuité des approvisionnements sans dépendance d'un mode de transport en particulier.

- Du côté des chargeurs : l'industrie lourde et l'industrie chimique appliquent depuis de nombreuses années une stratégie ciblée de partage modal. La répartition entre le rail et la voie d'eau en particulier est orientée vers une optimisation au regard d'un objectif stratégique d'une indépendance relative par rapport à ces modes, d'une part, et une réalisation des meilleures conditions primaires offertes (volume, prix, prestation), d'autre part. En effet, en situation de rupture auprès d'un des modes, ces acteurs peuvent plus facilement dérouter (une partie) les volumes concernés vers l'autre mode. Si cette tendance était d'abord observable auprès des destinations connaissant déjà une certaine vulnérabilité par rapport à la voie d'eau (région mosellane par exemple), des industries dans d'autres régions (de la Ruhr par exemple), sous l'impulsion des expériences récentes, semblent miser également sur une telle approche stratégique.

- Du côté de l'exploitation de bateaux de la navigation intérieure : le transport de conteneurs étant par nature soumis à des conditions très précises concernant la livraison, les opérateurs concernés ont depuis longtemps recours à d'autres modes de transport afin de pouvoir remplir leurs obligations contractuelles lorsque la voie d'eau s'avère indisponible. Dans la pratique, il a été fait recours à la route du fait de sa très grande flexibilité, le rail ne disposant souvent pas, ni de capacité supplémentaire, ni de suffisamment de flexibilité (eu égard à ces caractéristiques) pour pouvoir répondre instantanément à une telle demande. Depuis peu, une tendance comparable à celle observée chez l'industrie lourde se dessine, de sorte que l'opérateur fluvial intègre également dans ses prestations l'option soit d'un transport ferroviaire ou routier. Ainsi, la vulnérabilité de l'activité logistique par rapport à la voie d'eau pourrait être compensée (partiellement) par un recours aux capacités de transport par d'autres modes déjà assurés par l'opérateur fluvial même.

## **Evaluation**

20. Ainsi se dessine la façon dont les opérateurs fluviaux pourraient davantage optimiser leurs activités et leurs offres sur le marché en vue d'une plus grande dépendance et de plus grandes incertitudes à l'égard de l'hydraulicité à l'avenir. Il en résultera une imbrication plus forte dans les chaînes logistiques, rendant l'affrètement en navigation intérieure moins autonome et plus complémentaire par rapport aux activités des chargeurs relatives aux autres modes. Il s'agit bien d'une tendance avec des implications stratégiques qui demande un suivi à la hauteur.
21. Outre les adaptations dans le domaine de la logistique, la flotte et les unités dont se servent ces opérateurs devraient faire l'objet d'une évaluation au regard des futures caractéristiques de l'hydraulicité. Compte tenu de la durée de vie relativement longue des bateaux et bien que l'on puisse s'attendre à ce que, sous l'influence de nouvelles exigences (logistique, sécurité, environnement et écologie), celle-ci se limite progressivement à quelques décennies seulement, il conviendrait de mener dès à présent des réflexions sur la manière dont sont conçus les bateaux afin de prendre en compte l'hydraulicité future. Une recherche ciblée devrait contribuer à une modification de la conception de la coque du bateau et de sa construction en tenant compte des matériaux utilisés.