

Annexes volumineuses

ad protocole 4

Stratégie de la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane

- **Résumé**
- **Rapport**

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

*Rapport du Comité du règlement de visite
pour la session d'automne 2012*

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

Résumé

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 un rapport et 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 CO₂ qui sont produites par l'exploitation des bateaux de navigation intérieure. Les émissions d'autres substances que le CO₂ – à l'exception du CH₄ – ne sont pas prises en compte, de même que les émissions qui ne résultent pas de l'exploitation des bateaux. Cette limitation n'est pas dommageable à la définition des objectifs du rapport, d'une part parce que le CO₂ 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. Toutefois, compte tenu de la part importante que représentent les cargaisons liquides par rapport au volume global des cargaisons de la navigation intérieure, il semble pertinent de déterminer dans le cadre d'une étude distincte l'ampleur des émissions de gaz à effet de serre provenant des bateaux-citernes et d'élaborer et de mettre en œuvre des mesures visant à réduire ces émissions.

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. Ceci résulte de la grande efficacité énergétique de la navigation intérieure et de son rôle globalement mineur 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 par conséquent aussi continuer à réduire ses émissions de gaz à effet de serre.

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 certains États ainsi que la Commission européenne ont quantifié les objectifs de réduction des émissions pour l'intégralité du transport, tel n'est pas le cas pour les États membres de la CCNR. 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. 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 CO₂ d'un mode de transport est essentiellement exprimée en g/tkm sur la base des émissions de CO₂ rapportées à la prestation de transport, mais une indication en g/EVPkm est également possible. Ce rapport est souvent appelé aussi facteur d'émission CO₂.¹ Comme pour les autres modes de transport, le facteur d'émission CO₂ 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'émission CO₂ 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 CO₂ des chaînes logistiques. Une solution consisterait à réunir 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 relatives au transport et aux marchandises. Il devrait en résulter des valeurs fiables et acceptées par tous sur les émissions de CO₂ de la navigation intérieure. Les études menées dans ce domaine devraient aussi être prises en compte.

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 CO₂ imputables à la navigation intérieure sont à peu près équivalentes à celles du transport ferroviaire et nettement inférieures à celles du transport routier.

Stratégies fondamentales pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre dues au transport

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.

Dans la pratique, la politique du transport tentera de mettre en œuvre une combinaison des trois stratégies fondamentales.

Le présent rapport se réfère uniquement à l'option stratégique 3. Cette option est approfondie dans le 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 permet d'obtenir des résultats probants dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre.

¹ En langue anglaise est utilisé l'expression "intensité CO₂", en allemand on parle de "facteur d'émission CO₂". Les termes "facteur d'émission CO₂" sont utilisés ci-après.

Conditions générales ayant une incidence sur la possibilité pour la navigation intérieure de réduire sa consommation de carburant et ses émissions de CO₂

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 CO₂ 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 CO₂ de la navigation intérieure. Les bateaux de la navigation intérieure naviguent sur des eaux relativement peu profondes et sont par conséquent soumis 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 CO₂.

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

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 CO₂. 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 réaliste d'envisager une réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ de 10 à 50 % 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. L'augmentation des dimensions et du port en lourd des bateaux présente un grand potentiel d'économie. Étant donné son importance majeure pour l'évolution future des émissions, cette question doit être étudiée en profondeur. À cet égard, les limites sont surtout fixées par les infrastructures. Si les bateaux de dimensions supérieures nécessitent des mesures d'aménagement, les aspects écologiques de l'aménagement de la voie d'eau doivent être pris en compte.

Les mesures d'exploitation pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ 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 réaliste d'envisager une réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ de 10 à 40 % par rapport aux bateaux actuellement courants. À 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, comme par exemple l'introduction de certaines applications des services d'information fluviale (RIS).

Carburants et sources d'énergie alternatifs pour la navigation intérieure

Comme carburants, la navigation intérieure actuelle utilise presque exclusivement du gasoil ou du carburant diesel. Le gazole et le carburant diesel produisent des émissions importantes de CO₂ lors de leur combustion. Compte tenu des développements sur le marché des carburants, un passage à des carburants et types de propulsion alternatifs permettrait à la navigation intérieure non seulement de réduire les émissions de CO₂ mais aussi de garantir sa viabilité future. Ces énergies alternatives doivent être pauvres en carbone, voire dépourvues de carbone, et elles 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 gaz naturel liquéfié (GNL) et des biocarburants liquides et gazeux. L'énergie électrique, stockée à bord dans des batteries ou obtenue à partir d'hydrogène ou de méthane synthétique, 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 légales 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 et des États, couvrant l'ensemble du secteur des transports, ne tient pas suffisamment compte de la navigation intérieure.

Mesures de soutien à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

Les principales mesures de soutien sont la mise à disposition d'informations pour la batellerie, l'introduction d'indicateurs et de plans de gestion pour l'efficacité énergétique ainsi que de labels environnementaux et des systèmes incitatifs sur le plan financier. Ces mesures peuvent contribuer de manière déterminante à ce que les parties concernées mettent effectivement en œuvre les mesures portées à leur connaissance pour réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre et certaines de ces mesures sont déjà très avancées ou sont déjà appliquées. Pour atteindre une totale efficacité des mesures de soutien en navigation intérieure, il est nécessaire :

- de mener à terme le développement des mesures de soutien non encore opérationnelles et, le cas échéant, d'adapter également à la navigation intérieure des mesures émanant d'autres secteurs,
- de permettre d'étendre à l'échelle européenne ou au moins de la navigation rhénane les mesures de soutien déjà appliquées au niveau national,
- d'établir, à l'instar de l'OMI des normes transparentes et acceptées par tous, auxquelles peuvent se référer toutes les parties concernées, y compris les services étatiques compétents, notamment dans le cadre de subventions directes ou indirectes.

Compte tenu des effets particulièrement positifs des mesures de soutien et du fait qu'elles puissent être mises en œuvre sur une base volontaire, il conviendrait que les travaux susmentionnés soient réalisés en priorité et si possible entamés dans les meilleurs délais. La nature des travaux exige une approche transversale et ce à plusieurs égards : ils doivent revêtir un caractère international, engager toutes les parties concernées et prendre en compte à la fois les aspects techniques et opérationnels.

Avantages supplémentaires de la réduction des 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 émissions polluantes s'en trouvent presque toujours réduites.
- Si la réduction des émissions de gaz à effet de serre résulte de l'utilisation de GNL ou de l'utilisation (indirecte) d'énergie électrique provenant de sources alternatives, les émissions polluantes s'en trouvent réduites de manière significative voire presque intégralement.

- 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.

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 ces 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 navigation.

Il existe aussi une catégorie importante de mesures dont l'objectif est de "décarboner" le carburant, c'est-à-dire à utiliser des carburants ou des sources d'énergie alternatives présentant un meilleur bilan CO₂. 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 aussi 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 la quantité absolue des 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 du volume absolu des gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure en cas de hausse simultanée et continue des prestations de transport de marchandises sera possible si sont utilisés aussi à grande échelle, outre le GNL, des biocarburants ou des sources d'énergie alternatives. De tels carburants doivent toutefois faire l'objet d'essais de compatibilité avec les moteurs et systèmes de post-traitement des gaz d'échappement existants.

Coûts et obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

Des décisions fondées en matière de mesures de réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre nécessitent une connaissance suffisante des coûts y afférents. Étonnamment, à l'heure actuelle, certaines des mesures énoncées dans le présent rapport qui contribuent à une réduction des coûts sont peu appliquées en navigation intérieure.

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 :

- Elaboration de rapports complémentaires pour la navigation à passagers et la navigation rhénane,
- Détermination du bilan carbone de la navigation intérieure,
- Détermination de la consommation de carburant par l'exploitation de données résultant de la Convention relative à la collecte, au dépôt et à la réception de déchets en navigation intérieure (CDNI),
- 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,
- 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 gaz à effet de serre des bateaux de la navigation intérieure,
- Elaboration de scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure,
- Mise à disposition d'informations pertinentes pour le secteur de la navigation intérieure,
- Détermination d'objectifs quantitatifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure,
- Elaboration d'une stratégie internationale et couvrant plusieurs modes de transport pour les futures sources d'énergie (carburants) ou, en guise d'alternative, d'une stratégie concernant les carburants de la navigation intérieure,
- Introduction à l'échelle européenne d'un label environnemental uniforme pour la navigation intérieure,
- Appui pour l'introduction à l'échelle européenne d'un programme de soutien pour une exploitation économe en énergie de bateaux de la navigation intérieure (Smart Steaming),
- 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 visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure,
- Examen du potentiel de réduction des émissions de CO₂ par l'utilisation du GNL et d'autres sources d'énergie alternatives (carburants) en 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 CO₂,
- Etudes supplémentaires relatives aux mesures opérationnelles à bord des bateaux de navigation intérieure permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂,
- Détermination de la réduction de la consommation de carburant résultant de l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure.

La CCNR - compte tenu notamment de ses ressources limitées - ne pourra appuyer qu'un certain nombre de ces travaux.

Il sera indispensable de réaliser des travaux supplémentaires dans le contexte européen et en concertation avec la Commission européenne, la profession de la navigation et l'industrie.

SOMMAIRE

	Page
1. Motifs / Exposé des motifs pour le rapport (projet).....	11
2. Étendue / Teneur du rapport / du projet	11
3. Contexte des émissions de gaz à effet de serre imputables à la navigation intérieure.....	14
4. Objectifs de la communauté internationale, des États membres de la CCNR et de la batellerie en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre des transports et de la navigation intérieure	16
5. Bilan carbone et émissions spécifiques de CO ₂ (intensité CO ₂) de la navigation intérieure et des autres modes de transport terrestres	18
5.1 Méthodes de calcul du bilan carbone et des émissions spécifiques de CO ₂ de la navigation intérieure	18
5.2 Comparaison des émissions spécifiques de CO ₂ des différents modes de transport	23
5.3 Standardisation de la méthode de calcul et de déclaration des émissions de gaz à effet de serre pour les prestations de transport	24
6. Stratégies de base de réduction des émissions de gaz à effet de serre des transports	25
7. Potentiel pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ en navigation maritime	26
8. Conditions générales ayant une incidence sur la possibilité pour la navigation intérieure de réduire sa consommation de carburant et ses émissions de CO ₂	27
9. Mesures techniques à bord des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂	32
10. Mesures relatives à l'exploitation des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂	33
11. Utilisation d'énergies alternatives (carburants) pour la réduction des émissions de CO ₂	35
12. Potentiel pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ en navigation intérieure	39
13. Mesures de soutien à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre	41
13.1 Mise à disposition d'informations	41
13.2 Mesures de soutien sur la base du volontariat.....	42
13.3 Mesures de soutien sur la base d'obligations légales et de subventions	44
13.4 Résumé	45
14. Avantages supplémentaires de la réduction des émissions de gaz à effet de serre	45

	Page
15. Scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure	48
16. Coûts et obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre	49
16.1 Coûts liés à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre.....	49
16.2 Obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre.....	51
17. Propositions pour la suite des travaux.....	53
17.1 Propositions de travaux ultérieurs coordonnés par la CCNR	54
17.2 Propositions de travaux ultérieurs coordonnés par la CCNR ou par d'autres institutions	59
17.3 Propositions concernant des travaux ultérieurs, sans ou avec une faible participation de la CCNR	61
 Annexes	
Annexe 1: Émissions de gaz à effet de serre (émissions GES) de la navigation intérieure – émissions autres que celles résultant de l'exploitation du bateau	64
Annexe 2: Objectifs des Etats membres de la CCNR pour réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre	66
Annexe 3: Détermination du bilan carbone et des émissions spécifiques de CO ₂ (intensité CO ₂) de la navigation intérieure	67
Annexe 4: Possibilités générales de la navigation intérieure concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre	75
Annexe 5: Options techniques pour réduire les gaz à effet de serre pour les modes de transport autres que le transport routier	78
Annexe 6: Mesures relatives à la technique des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂	79
Annexe 7: Considérations sur l'évolution de la taille moyenne des bateaux en Europe et ses implications sur les émissions de CO ₂	83
Annexe 8: Mesures relatives à l'exploitation des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂	86
Annexe 9: Smart Steaming	89
Annexe 10: Carburants du futur pour les transports Rapport du groupe d'experts européens sur les carburants du futur pour les transports, janvier 2011	91
Annexe 11: Mesures de régulation pour la protection du climat en navigation maritime : EEDI, EEOI, SEEMP	94
Annexe 12: Scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure	96

Rapport de la CCNR relatif aux possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure

1. Motifs / Exposé des motifs pour le rapport (projet)

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. Cet objectif a été défini dans le contexte d'une communauté internationale décidée à prendre des mesures pour éviter et réduire les émissions de gaz à effet de serre (atténuation des effets), et tout en constatant que la navigation intérieure est un mode de transport qui produit peu d'émissions de ce type et peut contribuer à réduire davantage les émissions de l'ensemble des transports. Afin d'atteindre cet objectif, la CCNR a demandé à son Comité du règlement de visite de lui présenter 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 (CCNR, 2009).

L'utilité du rapport s'étend au-delà de la CCNR. En regroupant les mesures et possibilités de réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure, il offre également un ensemble de données pour de futures études en préparation de décisions politiques (par exemple sur le potentiel de réduction des émissions de la navigation intérieure). De plus, la CCNR met également le présent rapport à la disposition de l'AIPCN, qui mène au plan global des travaux sur le changement climatique et la navigation (AIPCN 2010).

Le rapport et les éventuels travaux ultérieurs pourraient contribuer à mettre à disposition des bilans étayés et précis concernant les émissions de gaz à effet de serre, tels qu'ils sont requis par exemple dans le cadre des rapports prévus par le Protocole de Kyoto.

2. Étendue / Teneur du rapport / du projet

Le rapport concerne les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure au sens strict, à savoir les émissions de CO₂ qui sont produites par l'exploitation des bateaux de navigation intérieure. Les émissions d'autres substances que le CO₂ - à l'exception du CH₄ - 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 CO₂ 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 CO₂ 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.

Le CH₄, également un des principaux gaz à effet de serre, n'est actuellement pratiquement pas émis lors de l'exploitation de bateaux de la navigation intérieure. Cela changera lorsque le GNL sera utilisé comme carburant à bord d'un grand nombre de bateaux de navigation intérieure. Le CH₄ peut apparaître tant sur les bateaux eux-mêmes, lors de l'avitaillement, lors de fuites et lors d'une combustion incomplète, que lors de la préparation et du transport du GNL. Les émissions de CH₄ sont par conséquent abordées dans la **section 11** du rapport qui porte sur l'utilisation de sources d'énergie de substitution et les possibles effets nocifs pour l'environnement de l'utilisation de GNL en tant que carburant sont pris en compte.

La CCNR a autorisé en 2012 l'utilisation de GNL à bord de quelques bateaux de la navigation intérieure à des fins d'essais. Elle a également entamé l'élaboration de prescriptions générales concernant l'autorisation du GNL en tant que carburant en navigation intérieure. L'étude d'impact prévue dans ce cadre offre la possibilité d'examiner de manière plus détaillée les conséquences susmentionnées.

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. Toutefois, compte tenu de la part importante que représentent les cargaisons liquides par rapport au volume global des cargaisons de la navigation intérieure, il semble pertinent de déterminer dans le cadre d'une étude distincte l'ampleur des émissions de gaz à effet de serre provenant des bateaux-citernes et d'élaborer et de mettre en œuvre des mesures visant à réduire ces émissions.

Les processus à l'origine du changement climatique sont complexes et il est difficile de comparer les effets des différents gaz à effet de serre (Solomon, Qin et al. 2007). Comme le montre le **tableau 1** le CO₂ est globalement le gaz à effet de serre le plus important, loin devant le CH₄ (méthane), le protoxyde d'azote (N₂O) et les hydrocarbures fluorés. La part du CO₂ dans les émissions de gaz à effet de serre est encore plus importante pour les émissions provenant de l'exploitation des bateaux de navigation intérieure que pour la moyenne globale des émissions. En moyenne, la part du CO₂ dans la masse totale des gaz d'échappement de moteurs diesel, qu'on trouve sur quasiment tous les bateaux de navigation intérieure, est d'environ 20 %, tandis que la part des NO_x est nettement inférieure à 0,1 %. ((Lenz, Illini et al. 2004) d'après (Geringer and Tober 2010)). Le N₂O ne constitue qu'une fraction de la masse totale des NO_x (oxydes d'azote) dans les gaz d'échappement (Hausberger). Cela explique pourquoi l'on estime que le potentiel de réchauffement climatique du N₂O des moteurs diesel des bateaux de navigation intérieure est égal à moins de 1 % de celui du CO₂ (Verbeek, Kadijk et al. 2011). Le N₂O est donc insignifiant en tant que gaz à effet de serre émis par la navigation intérieure.

Tableau 1: Caractéristiques des principaux gaz à effet de serre (Sources : (NOAA ; Houghton, Meira Filho et al. 1996; Solomon, Qin et al. 2007; Borken-Kleefeld and Sausen 2011)

Gaz Critère	Dioxyde de carbone (CO₂)	Méthane (CH₄)	Protoxyde d'azote (N₂O)	Chlorofluorocarbures
Production anthropique prépondérante	Combustion d'énergies fossiles (transport, chauffage, production d'électricité, industrie)	Transformation de biomatériaux (agriculture, sylviculture, etc.), processus industriels, production de gaz naturel	Agriculture (élevage, engrais), centrales électriques	Gaz propulseurs, réfrigérants, agents d'extinction
Production prépondérante en navigation intérieure	Combustion de gazole ²	Fuites ou combustion incomplète lors de l'utilisation (future) de GNL	Combustion de gazole (NO _x)	Systèmes de climatisation, installations d'extinction d'incendie
Action sur le climat / CO₂	1	Environ 25	Environ 300	Jusqu'à 14 800 pour certains
Part de l'effet de serre supplémentaire imputable à l'activité humaine	Environ 60 %	Environ 20 %	Environ 5 %	
Temps de séjour dans l'atmosphère	Variable, quelques centaines d'années	Environ 12 ans	Environ 115 ans	Jusqu'à quelques milliers d'années
Perspectives	Augmentation dans l'atmosphère plus rapide que les autres gaz à effet de serre	Quantité totale dans l'atmosphère relativement stable, avec augmentation actuelle	Augmentation continue dans l'atmosphère	Réduction pour partie, en raison d'accords internationaux

² Dans le présent rapport on entend par gazole le carburant destiné aux moteurs diesel installés à bord de bateaux de la navigation intérieure, indépendamment de la qualité du carburant effectivement utilisé. Au sein de l'UE, les spécifications pour le carburant de la navigation intérieure figurent dans la directive 2009/30/CE.

Les hydrocarbures fluorés se caractérisent comparativement par un effet très important sur le climat. A bord des bateaux de la navigation intérieure, ils sont utilisés presque exclusivement en tant qu'agents extincteurs dans certaines installations d'extinction d'incendie. Les agents extincteurs se dégagent dans l'atmosphère lors du déclenchement de l'installation ou lors de fuites, c'est-à-dire dans des situations exceptionnelles. Ces gaz à effet de serre revêtent par conséquent une moindre importance³ en navigation intérieure et ne sont pas abordés de manière plus détaillée. Il semble néanmoins approprié de n'autoriser à l'avenir, pour la lutte contre les incendies à bord de bateaux de la navigation intérieure, que des installations pouvant fonctionner sans produits ayant un impact sur le climat.

Les polluants atmosphériques classiques qui sont produits lors de l'exploitation de moteurs diesel favorisent également le réchauffement climatique en raison de divers mécanismes complexes, mais ont également sous certaines conditions des effets de refroidissement (Borken-Kleefeld and Sausen 2011). Dans les premières années suivant leur apparition, leurs effets sur le climat peuvent être d'une importance comparable à ceux du CO₂. Mais ces effets – au contraire de ceux du CO₂ – diminuent rapidement. Les émissions de polluants de la navigation maritime constituent ici une unique exception, car elles se différencient de celles des autres modes de transport par une teneur en soufre très élevée. La réduction des émissions de polluants de la navigation intérieure qui a déjà été obtenue ces dernières années contribue donc également à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Elle doit donc être poursuivie également pour des raisons de protection du climat, sachant que, pour ces mêmes raisons, la réduction des polluants ne doit pas engendrer une augmentation de la consommation de carburant et donc des émissions de CO₂. Comme les travaux concernant la réduction des émissions de polluants de la navigation intérieure s'effectuent maintenant principalement au niveau de l'UE, ces émissions ne sont envisagées dans le présent rapport que dans la mesure où il existe une relation avec la consommation de carburant. La CCNR, qui, avec l'*Environmental Protection Agency* des USA, a été un précurseur sur le plan mondial pour la régulation des émissions de polluants de la navigation intérieure, a donc également contribué à la réduction du changement climatique – en ce qui concerne la part imputable à la navigation intérieure.

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la fabrication des bateaux de navigation intérieure, de leur entretien et de leur déchirage ne sont pas envisagées, de même que celles provenant des autres domaines de la navigation intérieure, notamment de la fabrication, de l'exploitation et de l'entretien des voies d'eau et des ports intérieurs. **L'annexe 1** s'intéresse de plus près à ces domaines de la navigation intérieure et esquisse un traitement possible de ces émissions.

Géographiquement, le rapport concerne la navigation rhénane et la navigation intérieure dans l'UE. Mais les observations peuvent être transposées à la navigation intérieure dans d'autres pays, dans la mesure où l'on y utilise des technologies analogues et où il existe des conditions cadres politiques et administratives analogues. La première condition se rencontre certainement dans le monde entier, tandis que la seconde est l'exception, en particulier quant à des objectifs ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre⁴.

³ Aucune donnée n'est disponible pour la navigation intérieure concernant l'ampleur de ces émissions. En navigation maritime, leur part après conversion en équivalent CO₂ est estimée à moins d'un pour cent.

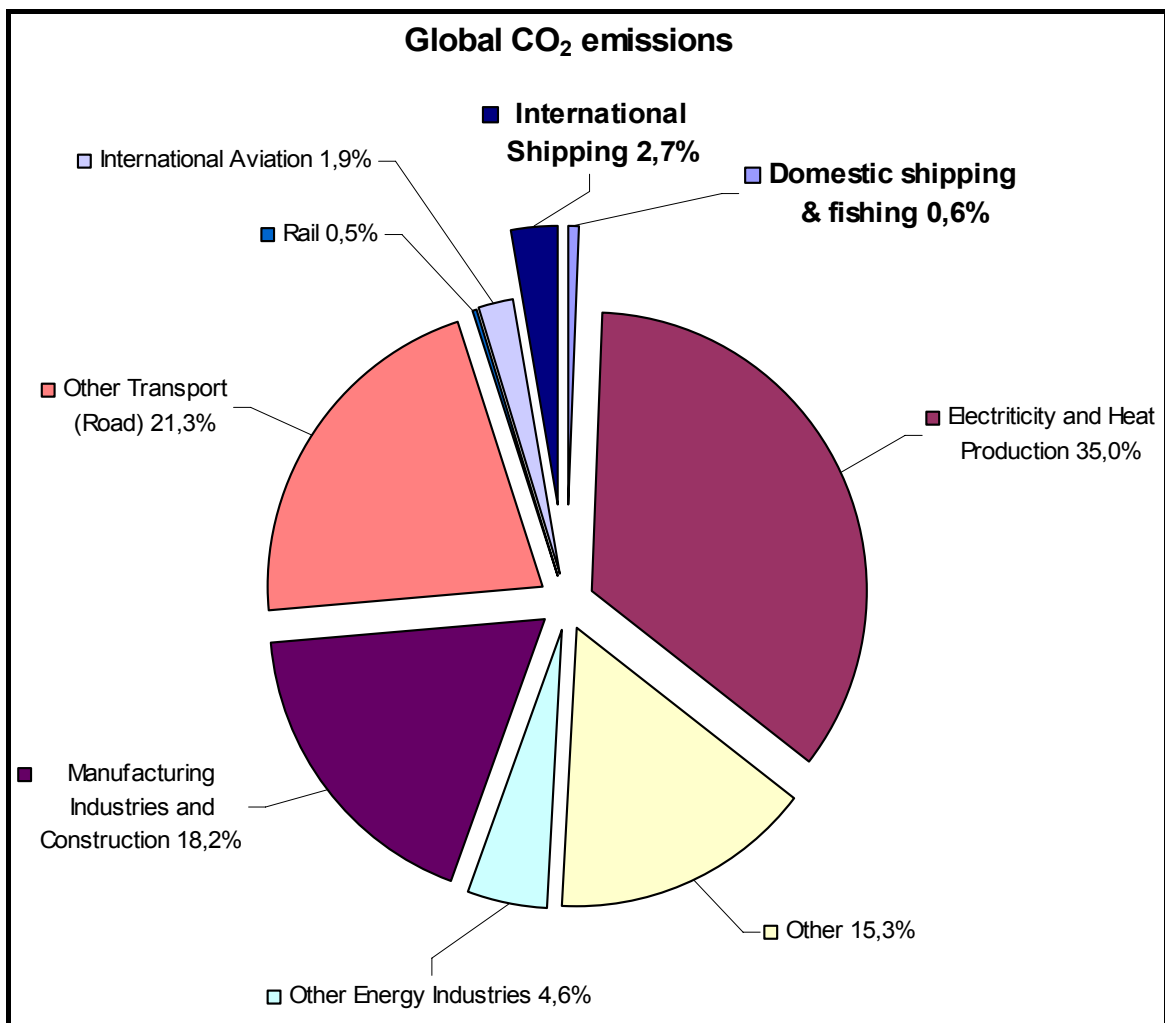
⁴ Les principales nations de navigation intérieure en dehors de l'UE, à savoir la Chine, la Russie et les USA, voient - du moins quant à des accords ayant force obligatoire au niveau international - la nécessité de réduction des émissions de gaz à effet de serre avec nettement plus de scepticisme que les Etats membres de la CCNR et de l'UE.

3. Contexte des émissions de gaz à effet de serre imputables à 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. Ceci résulte de la grande efficacité énergétique de la navigation intérieure et de son rôle globalement mineur parmi les modes de transport. 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.

La détermination des émissions de gaz à effet de serre causées par les activités de transport est difficile, de sorte que toutes les informations en la matière sont grevées d'inexactitudes (Miola, Ciuffo et al. 2010). La deuxième étude sur les émissions de gaz à effet de serre de l'OMI (Buhaug, Corbett et al. 2009) conclut qu'en 2007, environ 27 % de l'ensemble des émissions de CO₂ provenait des activités de transport. Sur l'intégralité des émissions de CO₂ imputables aux activités de transport, les émissions de la navigation (navigation maritime, côtière et intérieure) représentent une part d'environ 12 %. (Voir **Figure 1**)

Figure 1 : Émissions de CO₂ imputables à la navigation comparées à l'ensemble des émissions (d'après Buhaug et al.2009)



La deuxième étude sur les émissions de gaz à effet de serre de l'OMI ne permet pas de déterminer la part de la navigation intérieure dans les émissions globales de CO₂. Pour l'EU-27, la part de la navigation intérieure dans l'ensemble des émissions de CO₂ des transports terrestres est estimée entre moins de 1 % (Uherek, Halenka et al. 2010). La Commission européenne cite pour 2008 une valeur d'environ 1,8 % (UE 2011d), tous les modes de transport tenant lieu de référence à l'exception de la traction électrique des trains. Les nettes disparités entre les indications concernant la part des émissions imputable à la navigation intérieure, c'est à dire de moins de 1 % à 1,8 %, ne semblent pas pouvoir s'expliquer seulement par les valeurs de référence retenues ni par les périodes considérées. Il est probable que d'importantes incertitudes subsistent aussi pour ce qui concerne la détermination des émissions.

La faible part de la navigation intérieure dans l'ensemble des émissions des transports résulte de ses prestations de transport relativement faibles. La navigation intérieure ne joue quasiment pas de rôle dans le transport de voyageurs et, pour le transport de marchandises dans l'UE des 27, sa part n'est que d'environ 6 % des prestations de transport (en tkm) fournies par l'ensemble des modes de transport terrestres. Toutefois, les prestations de transport et par conséquent aussi la part des émissions varient considérablement d'un Etat à l'autre. Aux Pays-Bas, qui se classent premiers dans ce domaine, près de 40 % des prestations de transport sont assurées par la navigation intérieure (Eurostat 2009).

Si la quantité absolue des émissions de CO₂ de la navigation intérieure est qualifiée d'extrêmement faible dans toutes les études par rapport aux autres modes de transport, cela n'est pas vrai pour les émissions spécifiques (g/tkm). A titre d'exemple, certaines études considèrent que le transport ferroviaire électrifié de marchandises est nettement plus avantageux que la navigation intérieure (den Boer, Otten et al. 2011) ; (McKinnon and Piecyk 2010). Toutefois, d'autres études mentionnent également ici des valeurs nettement plus faibles pour la navigation intérieure (PLANCO 2007). La **section 5.2** du présent rapport contient une comparaison détaillée des émissions spécifiques des différents modes de transport.

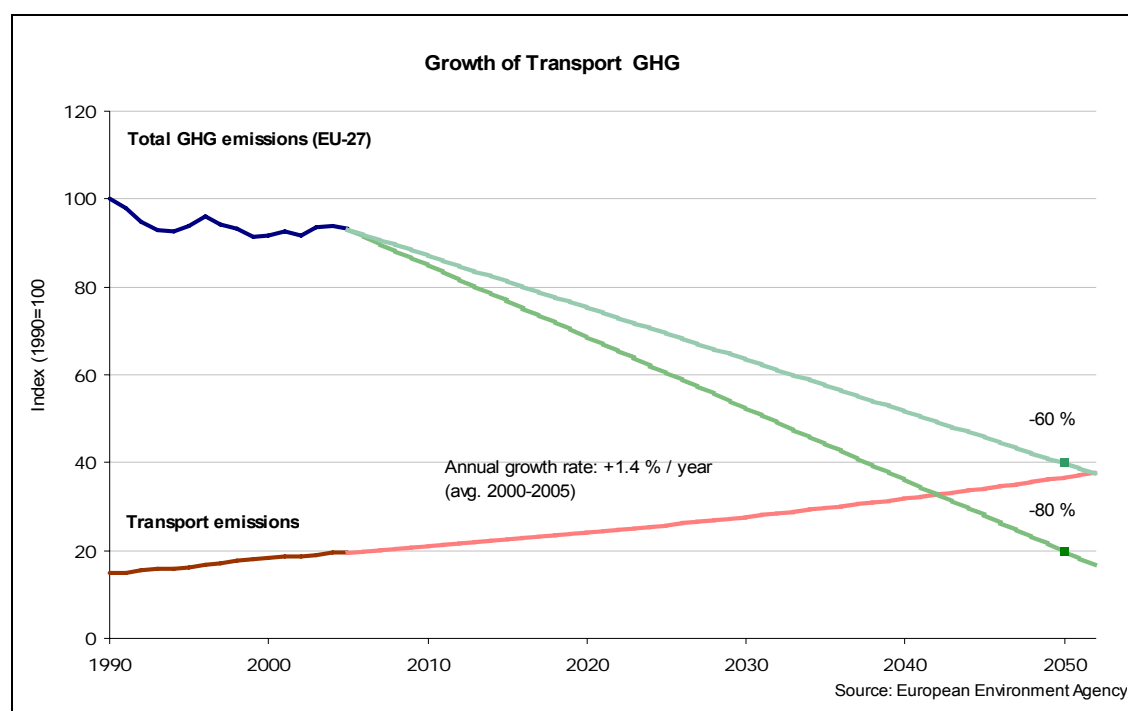
Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, les modes de transport qui sont en concurrence avec la navigation intérieure tirent parti de possibilités qui ne sont pas à la portée de la navigation intérieure. Les entreprises ferroviaires peuvent faire appel à l'énergie éolienne et à l'hydroélectricité pour leur consommation de courant électrique, ce qui réduit encore plus les émissions de CO₂ du transport ferroviaire (Essen, Rijke et al. 2009). A titre d'exemple, la société ferroviaire allemande Deutsche Bahn (DB) a l'intention de réduire de 20 % ses émissions globales de CO₂ entre 2006 et 2020 par la formation des conducteurs et par un recours accru à la récupération d'énergie au freinage des trains. (Müller-Wondorf 2012). Le rythme de changement de modèles des véhicules du transport routier est rapide, ce qui permet une mise en œuvre rapide des progrès techniques. Certes, le transport routier de marchandises ne parvient de la sorte pas encore à rattraper son retard par rapport au transport ferroviaire et à la navigation intérieure pour les émissions spécifiques, mais il peut nettement le réduire. Le poids lourd devient ainsi de plus en plus concurrentiel en termes non seulement d'émissions de polluants, mais aussi d'émissions de gaz à effet de serre (Spielman, Faltenbacher et al. 2010).

Lors de la comparaison de différents modes de transport, il convient toutefois de toujours tenir compte du fait que la consommation d'énergie résultant des transports et donc les émissions qui en résultent dépendent de nombreux facteurs différents et parfois très spécifiques. Il en résulte pour chaque mode de transport des situations de transport pour lesquelles ils conviennent davantage ou moins bien. Par conséquent, il n'est pas pertinent de prendre en considération des comparaisons basées sur des données concernant les émissions qui sont très agrégées, ni celles pour lesquelles sont comparées des prestations de transport peu réalistes pour certains modes de transport. Les premières ne permettent pas de tirer des conclusions utiles pour des prestations de transport concrètes, les secondes aboutissent à des erreurs. Ces deux types de comparaisons ne sont pas non plus exploitables pour la politique du transport et de l'environnement. Ne semblent pertinentes que les comparaisons de prestations de transport concrètes et réelles. Ces comparaisons existent à la fois dans des études (PLANCO 2007) et dans des offres de transporteurs (Contargo 2011).

4. Objectifs de la communauté internationale, des États membres de la CCNR et de la batellerie en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre des transports et de la navigation intérieure

Une augmentation continue des émissions de gaz à effet de serre des transports saperait les objectifs de réduction globale des émissions de l'UE, comme le montre la **Figure 2**. 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. 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.

Figure 2 : Évolution des émissions globales de l'Union européenne, en comparaison avec les émissions extrapolées des transports



Dans son livre blanc "Feuille de route pour un espace européen unique des transports – Vers un système de transport compétitif et économe en ressources" (EU 2011b), la Commission européenne a établi que d'ici à 2050, une réduction par rapport à 1990 d'au moins 60 % de la quantité absolue d'émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports était nécessaire (soit 70 % en dessous du niveau de 2008). Toutefois, l'objectif de réduction de 60 % des émissions ne s'étend pas au secteur maritime. La définition des objectifs pour le transport maritime est chiffrée séparément.

D'ici à 2050, les émissions de CO₂ de l'UE provenant des combustibles de soute dans le transport maritime doivent être réduites de 40 % (si possible 50 %) par rapport à 2005. La Communication n'indique pas clairement si chaque branche de transport, donc également la navigation intérieure, doit atteindre cet objectif, et s'il s'agit des émissions spécifiques, donc rapportées à la prestation de transport fournie et exprimées en g CO₂ par tkm, ou de la quantité absolue d'émissions. Ces distinctions sont d'une importance décisive, précisément en considération de l'augmentation sensible de la prestation de transport de la navigation intérieure qui est présumée dans le livre blanc. Au printemps 2011, la Commission européenne a clarifié cette question à la demande du Secrétariat de la CCNR. L'objectif de 60 % de réduction se rapporte à la quantité absolue d'émissions. Il ne signifie donc pas que chaque mode de transport doit réduire ses émissions de 60 %. En partie pour les raisons précitées, et également afin de tenir compte des particularités du mode de transport respectif, certains modes de transport réduiront leurs émissions plus que d'autres. Une contribution significative de tous les modes de transport est cependant nécessaire. Si, conformément à l'objectif général de réduction susmentionné pour le secteur du transport, la quantité totale des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure doit être réduite de 60 % et si on considère que la prestation de transport de la navigation intérieure poursuivra sa hausse, les émissions spécifiques devront diminuer de plus de 60 %. L'ampleur de cette baisse supplémentaire des émissions spécifiques dépendra de l'augmentation de la prestation de transport. A titre d'exemple, si la prestation de transport augmente de 50 % au cours de la période considérée, les émissions devront baisser non pas de 60 % mais de plus de 70 %. Ceci est décrit dans **l'annexe 13** sur la base de différents scénarios.

Le Conseil des ministres de l'UE a globalement approuvé le livre blanc de la Commission européenne, mais a en partie relativisé les objectifs qu'il mentionne. A l'occasion de sa session de juin 2011, certaines des délégations ont indiqué que les objectifs étaient indicatifs et très ambitieux (EU 2011a).

En plus du livre blanc, l'UE a défini d'autres objectifs variés en liaison avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre imputables au transport. Ces objectifs sont énumérés dans les considérants de la directive 2009/33/CE⁵ relative à la promotion de véhicules routiers économes en énergie pour justifier la prise de ces mesures législatives au niveau de l'UE.

Les États membres de la CCNR ont eux aussi pour objectif de réduire leurs émissions anthropiques de gaz à effet de serre, y compris celles du transport. En outre, certains d'entre eux ont fixé des objectifs quantitatifs pour l'ensemble des transports. Il est possible que ces objectifs soient spécifiés aussi pour la navigation intérieure dans le cadre de la poursuite de leur élaboration. (Voir **annexe 2**)

L'absence de quantification des objectifs de réduction des émissions par les États étonne, étant donné que dès mai 2000, le Conseil des ministres de la Conférence européenne des ministres des transports avait constaté que la première étape pour une réduction économique des émissions devait être une quantification précise des réductions attendues par les mesures déjà introduites et proposées. D'après lui, le processus correspondant était déjà en marche dans la plupart des États membres (CEMT 2000). La méthodologie de définition d'objectifs de protection du climat dans les transports, leur quantification et leur mise en œuvre sont présentées dans des directives que les Ministres de l'environnement de l'OCDE (OECD 2002) ont adoptées.

⁵ Directive 2009/33/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie

A la différence des États membres de la CCNR, les associations européennes de la batellerie ont quantifié leur objectif de réduction des émissions de CO₂ de la navigation intérieure : 50 à 70 % d'ici à 2050 (INE, EBU et al. 2011). On peut supposer que c'est ici la quantité absolue d'émissions qui est envisagée. En même temps, les associations militent pour une augmentation de la part de la navigation intérieure dans la répartition modale. Pour atteindre dans ces conditions l'objectif d'émissions, la batellerie devra réduire les émissions spécifiques (rapportées à la prestation de transport en tkm) nettement plus que la quantité absolue d'émissions. La définition de l'objectif ne comporte pas d'indications quant à l'année de départ à laquelle se rapporte l'objectif de réduction. On peut supposer qu'il s'agit comme pour le livre blanc de la Commission européenne de l'année 1990, étant donné que la communication se réfère expressément aux travaux de la Commission européenne.

L'ampleur des potentiels de réduction de la navigation intérieure dépend également des spécificités de la voie navigable considérée. Les grandes voies navigables autorisent de grandes dimensions de bâtiments ou de convois, qui produisent moins d'émissions spécifiques. De ce point de vue, des objectifs ambitieux de réduction des émissions devraient pouvoir être atteints bien plus facilement sur le Rhin et les voies navigables d'un gabarit similaire que sur les voies navigables présentant un gabarit très restreint.

La Cour suprême des États-Unis a reçu une plainte en dommages et intérêts en raison d'émissions de gaz à effet de serre. Il est actuellement impossible de prévoir si le tribunal établira la responsabilité des émetteurs de gaz à effet de serre pour les dommages provoqués par le changement climatique (Eder 2011). Mais si c'était le cas, cela pourrait avoir des conséquences au-delà des USA. On pourrait notamment attendre d'un tel jugement des impulsions supplémentaires pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, car les émetteurs de ces gaz voudront alors éviter des éventuelles actions en dommages-intérêts.

5. Bilan carbone et émissions spécifiques de CO₂ (intensité CO₂) de la navigation intérieure et des autres modes de transport terrestres

Cette partie du rapport s'intéresse au bilan carbone de la navigation intérieure, c'est-à-dire à l'empreinte laissée par la navigation intérieure sur le climat. On décrira d'abord l'état des connaissances sur le bilan carbone de la navigation intérieure, puis on le comparera à celui des autres modes de transport. Enfin, on exposera une question d'actualité : la standardisation de la méthode de calcul et de déclaration des émissions de gaz à effet de serre pour les prestations de transport.

5.1 Méthodes de calcul du bilan carbone et des émissions spécifiques de CO₂ de la navigation intérieure

Pour le transport de marchandises, l'intensité CO₂ d'un mode de transport est essentiellement exprimée en g/tkm sur la base des émissions de CO₂ rapportées à la prestation de transport, mais une indication en g/EVPkm est également possible. Ce rapport est souvent appelé aussi facteur d'émission CO₂. Comme pour les autres modes de transport, l'intensité CO₂ 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 l'intensité CO₂ de la navigation intérieure. Mais la marge de fluctuation des valeurs résultant de 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 CO₂ des chaînes logistiques. Il se pose par conséquent la question de la qualité des données de référence utilisées pour un calcul modélisé effectué au moyen de facteurs d'émissions. Les facteurs d'émission disponibles ou à élaborer devraient par conséquent être vérifiés sur la base de données des entreprises de navigation intérieure concernant la consommation de carburant et la prestation de transport des différents types de bateaux et à l'aide des statistiques collectées par la CCNR. Sur cette base devraient pouvoir être obtenues des valeurs fiables et acceptées par tous concernant les émissions de CO₂ de la navigation intérieure.

Les défis à surmonter pour déterminer les émissions de CO₂ de la navigation intérieure sont exprimés dans les conclusions de l'atelier organisé sur ce thème par la CCNR le 12 avril 2011 à Strasbourg (de Schepper 2011) :

- En raison des différents paramètres, valeurs et méthodes, il existe une large palette de facteurs d'émission de CO₂.
- En raison de lacunes dans les connaissances, la portée des approches actuelles reste limitée.
- Il s'agit d'un domaine complexe et en pleine évolution.
- Trois méthodes différentes s'avèrent nécessaires :
 1. Détermination de la consommation de carburant des bateaux (sur la base de valeurs réelles / de l'EEOI⁶);
 2. Détermination du bilan carbone pour les décideurs du secteur de la logistique (aspect multimodal) et prise de décision dans le secteur des transports (intramodal) – Norme CEN ;
 3. Méthode pour le développement et la prise de décision au niveau politique.
- Afin d'obtenir pour la navigation intérieure des données d'émission et des facteurs d'émission plus détaillés et plus précis, qui soient acceptés par tous les acteurs concernés sur la base de contrôles, on aura besoin d'échanges entre spécialistes au niveau de l'UE, d'une activité de recherche et d'une validation neutre.

Ces résultats des discussions forment le point de départ des observations du présent rapport concernant les méthodes de calcul du bilan carbone et des émissions spécifiques de CO₂ de la navigation intérieure. La méthode de détermination des émissions de CO₂ en vue des décisions politiques est au centre du présent rapport. Mais le rapport s'intéresse aussi à des méthodes pour les autres cas d'application qui ont été identifiées lors de l'atelier de la CCNR.

Pour les propriétaires de bateaux, la détermination précise de la consommation effective de carburant – et donc indirectement des émissions de CO₂ – est probablement la mesure la plus importante en vue de réduire la consommation de carburant par l'optimisation de l'exploitation des bateaux. Cette question est détaillée dans la **Section 13.2** et en particulier dans l'**annexe 11** du présent rapport. La détermination de la consommation réelle de carburant permet au propriétaire de bateaux d'effectuer un benchmarking dans sa propre flotte et en comparaison avec les autres entreprises. En même temps, les connaissances sur la consommation réelle de carburant sont la base nécessaire pour déterminer les émissions de CO₂ dans le cadre de décisions logistiques ou politiques.

La détermination des émissions de CO₂ en vue de décisions logistiques est primordiale pour les entreprises. A titre d'exemple, environ les deux-tiers des quelques 170 entreprises interrogées en septembre et octobre 2009, représentant un CA total d'environ 450 milliards d'euros et comprenant des chargeurs et des prestataires de toutes branches, ont indiqué que l'enregistrement (et la réduction) des émissions de CO₂ avait une grande importance (Wittenbrink and Gburek 2009). De plus, les clients attendent des entreprises de transport des informations sur les émissions de CO₂ que produit le transport de leurs marchandises, afin de pouvoir les utiliser pour leurs bilans environnementaux ou de développement durable. On citera par exemple la BASF, principale entreprise chimique mondiale et client important de la navigation intérieure : l'entreprise a effectué le bilan de ses émissions de gaz à effet de serre sur toute sa chaîne de création de valeur⁷ et elle a ainsi pu constater que les émissions de gaz à effet de serre résultent pour un volume d'environ 4 millions de tonnes d'équivalent CO₂ des activités de transport qui lui sont imputables.

⁶ L'indice opérationnel d'efficacité énergétique, voir annexe 12

⁷ <http://www.basf.com/group/corporate/de/sustainability/environment/climate-protection/bilanzierung-treibhausgasemissionen>

Diverses méthodes automatisées sont proposées pour le calcul des émissions des transports. La méthode peut-être la plus connue en Europe pour les transports de marchandises est EcoTransIT⁸. Cette méthode développée et mise à disposition par les grandes compagnies ferroviaires européennes, permet de calculer les émissions en fonction des modes de transport sélectionnés. Les différents modes de transport entrent ici en "concurrence écologique" virtuelle. Plus ces méthodes acquièrent de l'importance pour les décisions logistiques, plus grand doit être l'intérêt des différentes branches du transport pour que leurs émissions soient faibles et restituées le plus précisément possible dans les modèles. Les conditions pour cela sont des facteurs d'émissions scientifiquement validés et acceptés par les branches respectives. Comme on l'a constaté lors de l'atelier de la CCNR, ces conditions ne sont pas encore réunies du point de vue de la navigation intérieure européenne.

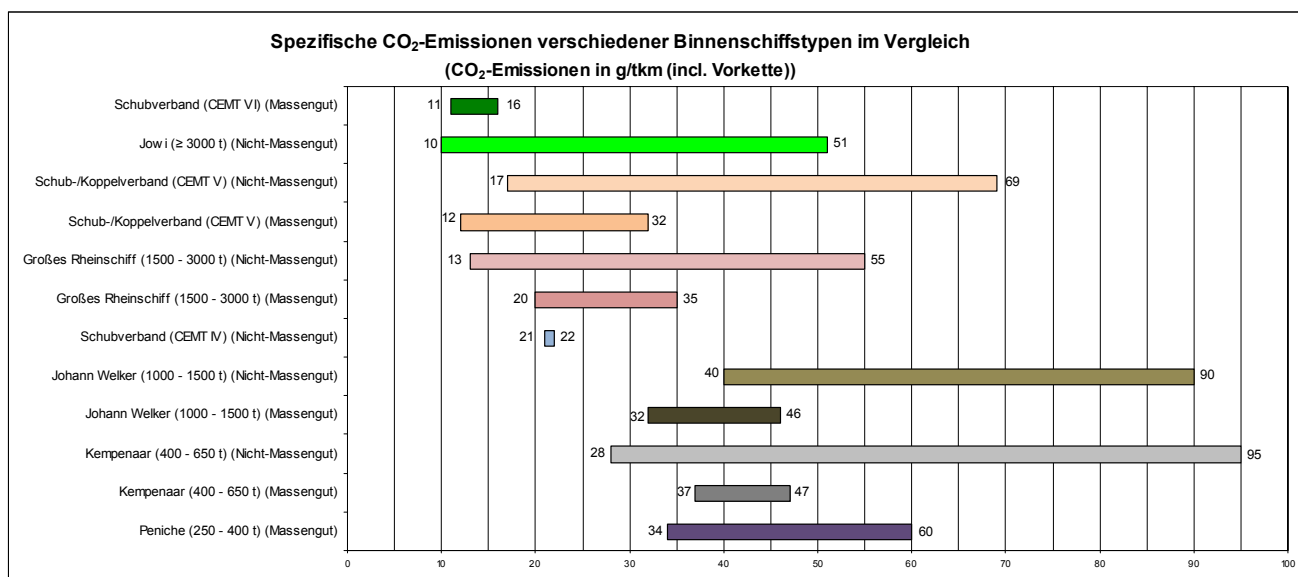
La standardisation actuelle de la méthode de calcul et de déclaration des émissions de gaz à effet de serre pour les prestations de transport s'effectue également au regard des méthodes de calcul précitées. Si cette standardisation constitue un grand pas vers des méthodes uniques, elle ne fournit pas elle-même de facteurs d'émission de CO₂. Pour pouvoir calculer et déclarer les émissions de gaz à effet de serre de prestations de transport, on a besoin de facteurs d'émissions obtenus ailleurs. La **Section 5.3** du présent rapport étudie en détail cette standardisation.

La détermination des facteurs d'émission de CO₂ et de l'intensité CO₂ de la navigation intérieure est l'objet d'un grand nombre d'études. Les études qui se contentent d'indiquer une seule valeur moyenne semblent fondamentalement inutilisables, dans la mesure où cette valeur ne se fonde pas sur la consommation réelle de carburant de la flotte étudiée. A titre de remplacement, il serait également possible de déterminer de manière théorique l'intensité CO₂ pour chaque type de bateau, puis de déterminer les émissions totales en passant par la prestation de transport individuelle des différents types de bateaux. Mais il n'existe pas d'études de ce type.

Les études qui déterminent les facteurs d'émission pour le plus grand nombre possible de types de bateaux – avec éventuellement une différenciation supplémentaire par zones de navigation – sont nettement plus instructives. La **Figure 3** fournit une vue d'ensemble de l'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour différents types de bateaux en intégrant les processus en amont pour la fabrication du carburant ("well to wheel", littéralement "du puits à la roue"). Les données figurant dans ce graphique ont été tirées d'études qui se fondent sur une observation suffisamment différenciée des divers types de bateaux. (L'**Annexe 3** contient une analyse détaillée de ces études, ainsi que d'autres études, et un tableau nettement plus détaillé). On constate la très grande dispersion des valeurs de l'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) : les valeurs varient parfois de 1 à 5 pour certains types de bateaux et même de 1 à 10 pour l'ensemble des types de bateaux. Ceci semble indiquer que sont utilisées différentes méthodes de calcul et que des lacunes importantes subsistent concernant les données et les connaissances.

⁸ <http://www.ecotransit.org/>

Figure 3 : Valeurs d'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour la navigation intérieure d'après une sélection d'études, en intégrant les processus en amont pour la production du carburant (Schilperoord 2004; ADEME 2006; PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011)



Au vu de cette dispersion, il est pratiquement impossible de déduire des valeurs indiquées une ou plusieurs valeurs moyennes fiables pour l'intensité CO₂ de la navigation intérieure. Des indications sur la valeur absolue du bilan carbone de la navigation intérieure qui se fonderaient sur les résultats de ces études ou d'études similaires seraient donc peu parlantes et devraient être considérées comme des estimations plus ou moins grossières.

Existe-t-il une méthode applicable permettant de déterminer avec une précision acceptable le bilan carbone de la navigation intérieure, non seulement pour des prestations de transport isolées, comme c'est déjà le cas (PLANCO), mais pour la totalité ? L'**Annexe 3** décrit une procédure envisageable. Cette procédure comprend notamment les étapes suivantes :

- vérification des facteurs d'émission indiqués pour chaque type de bateau pour la zone de navigation concernée ;
- détermination de la prestation de transport qui est apportée par chaque catégorie de bateaux (tous les bateaux d'un même type) dans la zone de navigation concernée ;
- détermination du bilan carbone pour chaque catégorie de bateaux en multipliant la prestation de transport de la catégorie de bateaux par le facteur d'émission du type de bateau et en tenant compte de son niveau de chargement;
- totalisation des bilans carbone de toutes les catégories de bateaux dans une zone de navigation.

Comme on l'a constaté lors de l'atelier de la CCNR, il faudrait associer toutes les parties concernées à cette procédure, qui devrait comprendre une validation neutre. La CCNR pourrait jouer ici un rôle efficace, étant donné qu'elle peut avec ses organes faire appel à des connaissances spécialisées dans tous les domaines de la navigation intérieure, qu'elle possède les relations de travail nécessaires avec les organisations professionnelles et les entreprises et surtout qu'elle dispose d'un riche fonds de statistiques pertinentes relatives au transport et aux flottes. Au sens large, ceci pourrait inclure aussi les données obtenues dans le cadre de la Convention relative à la collecte, au dépôt et à la réception des déchets survenant en navigation rhénane et intérieure (CDNI). Il conviendrait de vérifier si ces données permettent de déterminer à la fois les facteurs d'émissions susmentionnés et la consommation totale de carburant de la navigation intérieure européenne.

La Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) élabore actuellement dans le cadre d'un projet ambitieux un outil d'information et d'analyse pour la modélisation des émissions de CO₂ de tous les modes de transport terrestre, lequel est appelé ForFITS. Cet outil doit permettre de déterminer non seulement l'ampleur des émissions mais aussi d'analyser des scénarios et propositions de stratégies pour la politique de transport⁹. A cet effet, la CEE-ONU a présenté en octobre 2012 un état des lieux étendu (CEE-ONU 2012). Celui-ci mentionne un grand nombre de sources de données et de modèles possibles qui sont susceptibles d'être utiles dans le cadre de ce projet. Toutefois, ce projet n'a pas non plus permis d'identifier une étude relative à la détermination du bilan carbone de la navigation intérieure européenne qui réponde aux conditions susmentionnées. Le projet devrait s'achever en 2013. Il conviendrait alors de vérifier dans quelle mesure ForFITS permet de déterminer avec une précision acceptable le bilan carbone de la navigation intérieure européenne ou si ForFITS contient au moins des éléments susceptibles d'être utilisés à cet effet.

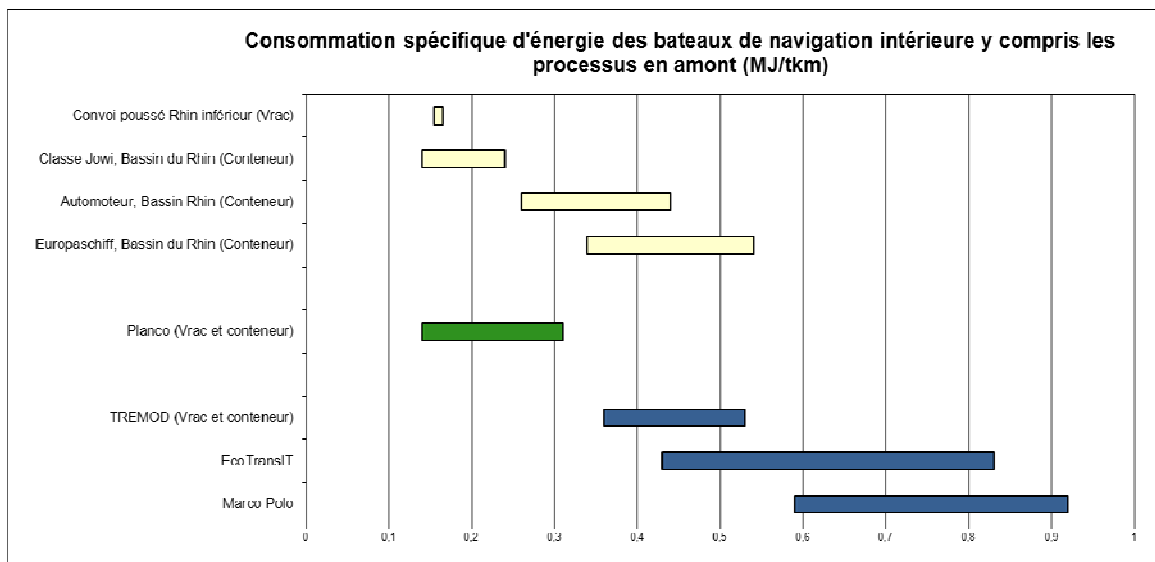
La détermination du bilan carbone et de facteurs d'émissions de CO₂ pour la navigation intérieure n'est pas une fin en soi. Les décisions politiques et celles des entreprises sont prises de plus en plus fréquemment sur la base de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre des différents modes de transport. A titre d'exemple de décisions politiques peuvent être mentionnés ici le calculateur dit "Marco Polo" (Brons and Christidis 2011) et le Transport Emission Model TREMOD élaboré pour le compte du ministère fédéral allemand de l'environnement.. Le calculateur Marco Polo est utilisé pour comparer les coûts externes de différents modes de transport dans le cadre de propositions pilotes ; les résultats sont pris en compte lors des décisions de la Commission européenne concernant les subventions. TREMOD est par exemple utilisé lors de l'élaboration de projets de lois dans le domaine de l'environnement ainsi que pour les obligations internationales de notification de l'Allemagne dans le domaine de la consommation d'énergie et des émissions liées au transport¹⁰. En revanche, EcoTransIT est destiné à un cercle d'utilisateurs plus étendu. "EcoTransIT est destiné aux chefs d'entreprises, prestataires logistiques, planificateurs de transports, décideurs politiques, clients ordinaires, organisations non gouvernementales, actionnaires et autres acteurs intéressés par le calcul de l'incidence écologique de transports sur certains trajets et par la comparaison de différentes solutions de transport EcoTransIT"¹¹ (IFEU 2010). Les données relatives aux émissions qui sont utilisées par le calculateur Marco Polo, par TREMOD et par EcoTransIT sont pour certaines nettement supérieures à celles déterminées dans le cadre d'études en la matière. Ces disparités sont encore plus importantes par rapport aux données réelles concernant la navigation intérieure. La **figure 4** présente les causes de ces disparités : le calculateur Marco Polo, TREMOD et EcoTransIT s'appuient sur des données concernant la consommation spécifique en énergie de la navigation intérieure qui ne correspondent ni à celles de la pratique ni à celles d'une étude confirmée par des données issues de la pratique. Il est manifestement nécessaire d'agir rapidement afin que la navigation intérieure ne soit pas systématiquement défavorisée en raison de l'absence de données suffisantes ou au moins afin d'en limiter les conséquences.

⁹ http://www.unece.org/trans/theme_forfits.html

¹⁰ http://www.ifeu.de/index.php?bereich=ver&seite=projekt_tremod

¹¹ <http://www.ecotransit.org/>

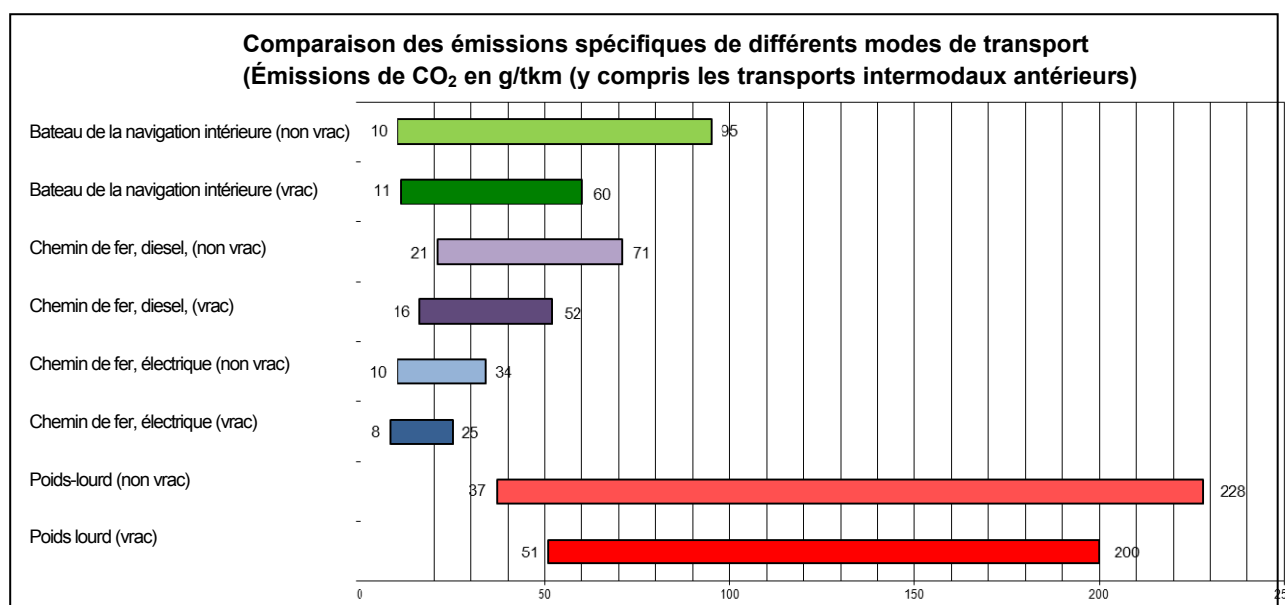
Figure 4: Comparaison à titre d'exemple de données concernant la consommation spécifique en énergie de bateaux de la navigation intérieure issues d'études et de consultations d'entreprises (y compris les processus en amont) (PLANCO 2007; IFEU 2011; Knörr, Heidt et al. 2011; Van Essen and den Boer 2012) (Données émanant des entreprises)



5.2 Comparaison des émissions spécifiques de CO₂ des différents modes de transport

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 CO₂ imputables à la navigation intérieure sont à peu près équivalentes à celles du transport ferroviaire et nettement inférieures à celles du transport routier. Il est à noter également que, dans certains cas défavorables, les transports par bateau de la navigation intérieure ou par train sont susceptibles de présenter des émissions spécifiques supérieures à celles de certains transports effectués par la route.

Figure 5 : Comparaison des émissions spécifiques de CO₂ de différents modes de transport (y compris les processus en amont) (ADEME 2006; PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011)



La **Figure 5** ne prend pas en compte les transports ferroviaires effectués par traction électrique sur des réseaux ferroviaires presque exclusivement alimentés en énergie électrique d'origine nucléaire, comme par exemple en France. Dans ce cas, les émissions spécifiques de CO₂ sont encore nettement plus faibles.

Les indications ci-avant font apparaître qu'un transfert du transport sur la voie navigable peut fondamentalement contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais qu'un examen au cas par cas est nécessaire pour éviter les transferts contreproductifs. Voir à cet égard les indications figurant à la **section 6** du présent rapport.

5.3 Standardisation de la méthode de calcul et de déclaration des émissions de gaz à effet de serre pour les prestations de transport

Prochainement sera publiée la norme européenne EN 16258 : 2013 "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)". Elle fixe une méthode uniforme (règles générales) pour le calcul et la déclaration de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre des prestations de transport. Elle s'applique à toutes les prestations de transport de passagers et de marchandises, par exemple celles des services de transport public et des compagnies ferroviaires ou transporteurs qui sont réalisées sur la demande de leurs clients. La norme spécifie des définitions, lignes directrices, méthodes et exemples de calcul, ainsi que des recommandations pour la déclaration. Elle retient une approche pragmatique et acceptable sur le plan scientifique, de façon à permettre une application par un vaste cercle d'utilisateurs. Les utilisateurs potentiels de cette norme sont les personnes et organisations ayant besoin de se référer à une méthodologie normalisée pour la quantification des émissions de gaz à effet de serre d'une prestation de transport, par exemple :

- les opérateurs de prestations de transport (transporteurs de marchandises ou de passagers),
- les organisateurs de prestations de transport (logisticiens, commissionnaires de transport), ou
- les acheteurs de prestations de transport (expéditeurs et passagers).

De manière générale, le calcul doit être basé sur les carburants effectivement consommés. Lorsque cela n'est pas possible, des valeurs par défaut (facteurs d'émissions en grammes de CO₂ par tonne-kilomètre) peuvent être utilisées. Ces valeurs par défaut ne font pas partie de la norme, des sources à cet effet figurent toutefois dans l'annexe informative I de la norme. Il est possible que cette annexe ne comporte pas encore de sources contenant des valeurs de référence réalistes pour la navigation intérieure et en particulier pour la navigation rhénane.

N'entrent en ligne de compte pour une incorporation à l'annexe I de la norme que les facteurs d'émission qui portent uniquement sur la procédure de transport. Les facteurs d'émissions concernant par exemple les procédures de manutention ainsi que les événements antérieurs et postérieurs ne conviennent pas à cet effet.

Une copie de cette norme préalablement mise à disposition fait apparaître que sont mentionnées dans son annexe I, à titre d'exemple, des valeurs de référence relativement élevées pour la navigation intérieure et en particulier la navigation rhénane (ADEME 2006; Heidelberg, Öko-Institut et al. 2011). La prise en compte de telles valeurs devrait, fortement défavoriser la navigation intérieure, comme indiqué à la **section 5.1**.

Les États membres et en particulier les associations de la profession de la navigation ont pu prendre position afin d'obtenir que la navigation intérieure soit prise en compte de manière appropriée dans la version finale de la norme. Il semble que cette possibilité n'ait pas été exploitée.

6. Stratégies de base de réduction des émissions de gaz à effet de serre des transports

Fondamentalement, on peut faire appel aux stratégies suivantes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les transports (UNEP 2011) :

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

Le présent rapport se réfère uniquement à l'option stratégique 3. Cette option est approfondie dans les sections suivantes du 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 continue à obtenir des succès probants dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre.

La suppression de transports peut être obtenue en regroupant des transports et par des mesures d'aménagement de l'espace qui déplacent la production de marchandises à proximité de ses acheteurs. Les regroupements de marchandises transportées tendent à être positifs pour la navigation, car ils sont surtout avantageux en cas de transport de grandes quantités. Mais les regroupements de transports ne sont certainement profitables que dans des zones relativement restreintes, par exemple pour livrer des zones urbaines.

Pour de tels transports, la navigation intérieure ne joue qu'un rôle très secondaire. Les mesures d'aménagement de l'espace qui rapprochent la production de ses utilisateurs devraient par contre avoir une plus grande influence sur la navigation intérieure. L'augmentation des prix de l'énergie et la nécessité de limiter sensiblement les émissions de gaz à effet de serre de la navigation maritime renchériront considérablement les coûts des transports intercontinentaux. Cela devrait entraîner une baisse de l'attractivité de la division internationale du travail, et donc ne pas être sans conséquences sur les volumes de marchandises transbordés dans les ports maritimes. Il devrait en résulter des effets négatifs sur les volumes de chargement de la navigation rhénane, dont les transports sont majoritairement à destination ou en provenance de ports maritimes.

Par contre, le transfert de transports en vue de la protection du climat devrait tendre à être positif pour la navigation intérieure, car celle-ci peut réaliser le transport de marchandises d'une manière fondamentalement plus avantageuse du point de vue énergétique que les autres modes de transport. Il conviendrait toutefois de considérer individuellement chaque cas, de nombreux facteurs différents étant déterminants pour la consommation d'énergie, comme indiqué dans la **section 8**. L'approche retenant une valeur moyenne pour les émissions de CO₂ de la navigation intérieure ne convient pas non plus, compte tenu des importants écarts entre les émissions spécifiques de CO₂ de bateaux de la navigation intérieure décrits en **figure 3**. En Allemagne ont été réalisées des comparaisons de différents modes de transports pour une sélection de trajets. Il en ressort qu'il existe évidemment des transports pour lesquels la navigation intérieure n'est pas en mesure de tirer bénéfice de ses avantages fondamentaux en raison des facteurs susmentionnés (Spielman, Faltenbacher et al. 2010), mais aussi que, dans les secteurs autres que le bassin fluvial du Rhin, la navigation intérieure constitue souvent le meilleur choix, notamment en comparaison avec le transport routier (PLANCO 2007).

La condition pour des transferts de transport motivés par la protection du climat est que la navigation intérieure puisse conserver voire améliorer son avantage actuel en termes d'émissions spécifiques. Elle n'y parviendra que si elle continue à réduire ses émissions de gaz à effet de serre, étant donné que les modes de transport concurrents enregistrent des progrès dans la réduction de leurs émissions. (Voir la **section 3** du présent rapport.) Au total toutefois, la motivation résultant de considérations écologiques pour un transfert des transports devrait reculer car tous les modes de transport deviennent "plus propres" et "plus sûrs" (Essen, Rijke et al. 2009). La navigation intérieure doit donc réussir à s'imposer bien plus qu'aujourd'hui comme le mode de transport durable, si elle souhaite effectivement profiter d'un transfert des transports pour des raisons écologiques.

Des mesures possibles pour réduire les émissions spécifiques de la navigation intérieure – Option de stratégie 3 – sont décrites dans les **sections 9 à 11** du présent rapport. Par sa résolution 2008-I-12, la CCNR a déjà présenté un tableau récapitulatif ces domaines d'intervention possibles ainsi que sur d'autres domaines d'intervention pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane et intérieure. Une version actualisée de ce tableau est reproduite en **annexe 4**. Les domaines d'intervention qui y sont mentionnés montrent clairement que les émissions de gaz à effet de serre des bateaux de navigation intérieure ne sont pas seulement influencées par les mesures relatives à la technique des bateaux, à savoir leur conception et leur équipement, par leur exploitation et par les carburants utilisés : la conception des voies d'eau et des ports par exemple exerce également une influence sur l'ampleur des émissions. Ces aspects pourraient faire l'objet de travaux connexes.

7. Potentiel pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ en navigation maritime

Pour la navigation maritime est étudié de manière détaillée, depuis quelques années, le potentiel de réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ (Buhaug, Corbett et al. 2009), bien davantage que ce n'est le cas à ce jour pour la navigation intérieure. L'OMI a constaté qu'il existe de nombreuses possibilités pour augmenter l'efficacité énergétique et pour réduire les émissions par le biais d'une modification de la conception et de l'exploitation des bateaux. Une synthèse de l'estimation de ce potentiel de réduction des émissions de CO₂ est présentée dans le **tableau 2**.

Tableau 2 : Estimation du potentiel de réduction des émissions de CO₂ de la navigation maritime par le recours à des technologies et pratiques connues (OMI 2009)

Mesures		Réduction des émissions de CO ₂ / tkm]	Combiné	Combiné
Conception (nouveaux bateaux)	Projet, vitesse et performance (port en lourd)	2 % à 50 % ⁺	10 % à 50 % ⁺	25 % à 75 % ⁺
	Coque et superstructures	2 % à 20 %		
	Puissance et systèmes de propulsion	5 à 15 %		
	Carburants à faible teneur en carbone	5 à 15 %*		
	Energies renouvelables	1 % à 10 %		
	Réduction de la teneur en CO ₂ des gaz d'échappement	0 %		
Exploitation (tous les bateaux)	Gestion de la flotte, logistique et mesures incitatives	5 % à 50 % ⁺	10 % à 50 % ⁺	
	Optimisation des voyages	1 % à 10 %		
	Gestion de l'énergie	1 % à 10 %		

⁺ Des réductions de cette ampleur nécessiteraient une réduction de la vitesse d'exploitation

* Equivalent CO₂, basé sur le GNL

Le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne a approfondi ces mesures du point de vue d'une réglementation des émissions de polluants et de gaz à effet de serre (Miola, Ciuffo et al. 2010). La navigation maritime et la navigation intérieure se déroulent pour partie dans des conditions très différentes, comme indiqué ci-après. Les mesures identifiées pour la navigation maritime ne peuvent donc être transposées à la navigation intérieure qu'après vérification détaillée. Une comparaison avec le potentiel d'économie de la navigation intérieure présenté dans le **tableau 3** montre qu'au total les potentiels d'économie de la navigation maritime et intérieure sont globalement identiques.

8. Conditions générales ayant une incidence sur la possibilité pour la navigation intérieure de réduire sa consommation de carburant et ses émissions de CO₂

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 CO₂ et ces conditions ne s'appliquent pas ou seulement dans une moindre mesure aux autres modes de transport, y compris la navigation maritime. 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 CO₂ de la navigation intérieure.

Les bateaux de la navigation intérieure naviguent sur des eaux relativement peu profondes et sont par conséquent soumis 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 CO₂. Les exemples ci-après illustrent ces lois :

- Les besoins d'un bateau en termes de puissance dépendent dans une large mesure de la distance entre la coque et le lit de la voie navigable. Plus cette distance appelée pied de pilote est élevée, plus les besoins s'en trouvent réduits en termes de puissance. A titre d'exemple, pour un grand automoteur tel que ceux qui sont caractéristiques pour le Rhin, une augmentation de la profondeur de l'eau de 4 m à 4,5 m réduit les besoins en termes de puissance d'environ un tiers (vitesse du bateau 16 km/h, enfoncement 2,5 m) (PLANCO 2007).
- Les besoins d'un bateau en termes de puissance dépendent beaucoup de sa vitesse. Un grand automoteur présentant un enfoncement de 2,5 m nécessite en présence d'une profondeur de l'eau de 5 m une puissance de 500 kW pour atteindre la vitesse de 17 km/h. Si cette vitesse n'est réduite que d'environ 15 %, soit 14,5 km/h, la puissance nécessaire au bateau s'en trouve réduite de moitié (Renner and Bialonski 2004). Cela signifie qu'une réduction minimale de la vitesse permet de réduire de manière significative les besoins en termes de puissance et donc aussi la consommation de carburant.¹²
- Si la puissance utilisée demeure constante pour un bateau de la navigation intérieure, ce pied de pilote plus important se traduit par une augmentation significative de la vitesse. Un grand automoteur présentant un enfoncement de 2,5 m et une puissance de 200 kW atteint une vitesse d'environ 6 km/h en présence d'une profondeur de l'eau d'environ 3 m. Si cette profondeur de l'eau est de 5 m, le bateau atteint une vitesse d'environ 13 km/h. Les deux effets décrits ci-avant sont d'autant plus marqués que le pied de pilote est peu important (PLANCO 2007).

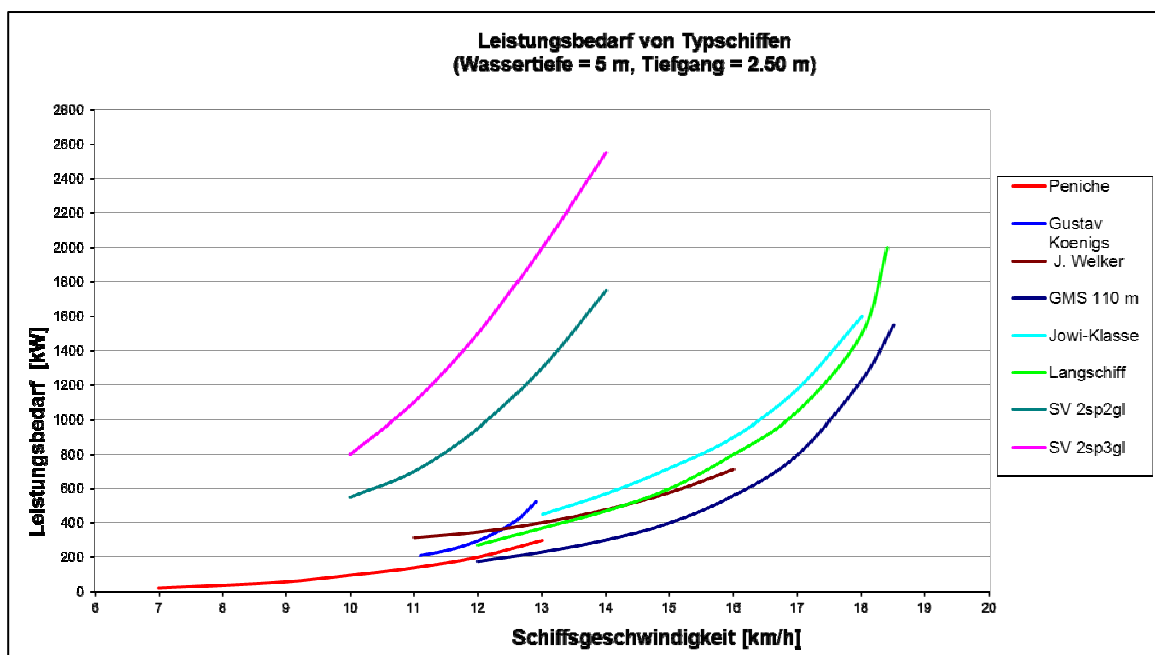
La première loi susmentionnée démontre l'incidence déterminante de la profondeur de l'eau sur la consommation de carburant et les émissions de CO₂ de la navigation intérieure. Les profondeurs importantes et les voies navigables bien entretenues, sans hauts-fonds, contribuent à l'efficacité énergétique et à une navigation intérieure respectueuse de l'environnement. La deuxième loi susmentionnée montre l'influence disproportionnée de la vitesse sur la consommation de carburant, ce pourquoi il conviendrait de choisir par principe une vitesse plus faible afin de réduire la consommation de carburant. La troisième loi susmentionnée définit les conditions pour un choix optimisé sur le plan énergétique de la vitesse des bateaux de la navigation intérieure en fonction de la profondeur de l'eau : faire route à faible vitesse lorsque le pied de pilote est faible et à grande vitesse lorsque le pied de pilote est important, afin de respecter éventuellement l'heure d'arrivée prévue. Il existe toutefois des limites pratiques : alors que les fleuves à courant libre présentant des largeurs et profondeurs variables offrent effectivement des possibilités significatives pour une conduite optimisée sur le plan des économies d'énergie, tel n'est pas le cas sur les canaux en raison de leurs largeurs et profondeurs constantes et des limitations de vitesse qui y sont appliquées.

¹² L'incidence disproportionnée de la vitesse sur le besoin de puissance est d'autant plus marquée que le bateau s'approche de sa vitesse maximale possible. La vitesse maximale possible d'un bateau donné dépend en particulier du pied de pilote disponible. La vitesse maximale possible en km/h diminue proportionnellement à la baisse du pied de pilote. Etant donné que, de manière générale, les bateaux de la navigation intérieure tentent d'exploiter autant que possible les profondeurs d'eau disponibles, on peut considérer que les bateaux de la navigation intérieure sont souvent exploités avec un pied de pilote limité et que l'effet décrit revêt par conséquent une grande importance dans la pratique.

Par principe, plus le port en lourd d'un bateau est important, plus ses besoins en termes de puissance par tkm sont faibles. Cette règle s'applique pour tous les modes de transport. Toutefois, la navigation intérieure est le seul mode de transport pour lequel est observée la situation suivante : lorsque le pied de pilote est très important, les besoins en termes de puissance d'un bateau relativement grand et transportant un volume de marchandises relativement élevé peuvent même être inférieurs en valeur absolue à ceux d'un bateau plus petit. A titre d'exemple, un grand automoteur transportant 1900 tonnes de marchandises ne nécessitera en présence d'une profondeur de l'eau de 5 m et à une vitesse de 13 km/h qu'une puissance de 230 kW, tandis qu'un bateau plus petit de type "Johann Welker" nécessitera 420 kW pour transporter seulement 1250 tonnes de marchandises. (Zöllner 2009).

La **figure 6** illustre clairement le rapport entre le besoin de puissance et donc les émissions de CO₂ de bateaux caractéristiques de la navigation intérieure et la vitesse de navigation.

Figure 6 : Besoins en puissance de bateaux caractéristiques en fonction de la vitesse de navigation (Zöllner 2009)



Les spécificités susmentionnées de la navigation intérieure doivent être prises en compte lors de la détermination de ses émissions, qu'il s'agisse des gaz à effet de serre ou des polluants atmosphériques. Si tel n'est pas le cas, le fait que les émissions de la navigation intérieure dépendent fortement des dimensions de l'unité de transport ne peut pas être pris en compte de manière appropriée. Des indications erronées concernant les émissions de la navigation intérieure en résulteraient.

Compte tenu des raisons susmentionnées, il est important en navigation intérieure, plus encore que pour d'autres modes de transport, d'utiliser autant que possibles de grandes unités de transport afin de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂, dès lors que la demande est suffisante. Toutefois, les dimensions maximales admissibles des bateaux sont très diverses, surtout sur les voies de navigation intérieure européennes. A titre d'exemple, si les canaux français ne peuvent souvent être parcourus que par des bateaux présentant un port en lourd inférieur à 400 tonnes, le Rhin inférieur permet l'exploitation de convois poussés susceptibles de transporter plus de 15 000 tonnes. Sur le Danube et les voies navigables des USA sont même exploités des convois de dimensions supérieures.

A l'exception des canaux et fleuves régulés, la hauteur d'eau des voies navigables varie fortement. En période de basses eaux, les grands bateaux présentant un enfoncement supérieur ne peuvent plus exploiter leurs avantages en termes d'efficacité énergétique, ou seulement dans une moindre mesure. En présence d'une hauteur d'eau limitée, certains types de bateaux tels que la formation dite "convoi poussé de l'Elbe" présentent des avantages. Ces types de bateaux sont toutefois nettement moins performants sur le plan énergétique en présence de hauteurs d'eau plus importantes (Renner and Bialonski 2004).

Ceci a des conséquences significatives pour les bateaux de la navigation intérieure qui sont exploités sur des voies navigables dont les hauteurs d'eau sont variables ou qui, pour effectuer un seul voyage, doivent parcourir des voies navigables présentant différentes hauteurs d'eau. Si l'objectif est que ces bateaux consomment le moins de carburant possible et produisent le moins de CO₂ possible, le type, la forme et les dimensions ne peuvent être fixés qu'en retenant le meilleur compromis possible.

En outre, la longueur, la largeur et l'enfoncement des bateaux de la navigation intérieure ne sont pas les seules limites dictées par le gabarit des voies navigables, la hauteur des bateaux et en particulier de leur chargement est également soumise à des restrictions. Ceci a une incidence significative sur la consommation spécifique de carburant et les émissions spécifiques des bateaux de la navigation intérieure qui transportent des conteneurs. Ainsi, sur le Rhin, les émissions spécifiques des transports de conteneurs à destination de Bâle, pour lesquels les conteneurs ne peuvent être chargés qu'en trois couches, sont nettement plus élevées que celles des transports de conteneurs en aval de Strasbourg, où les bateaux de navigation intérieure peuvent charger cinq couches de conteneurs parce que les tirants d'air des ponts sont plus élevés. Par rapport au Rhin à courant libre, les émissions spécifiques des transports de conteneurs, par exemple de Hambourg à Berlin, sont deux fois plus importantes parce que les conteneurs ne peuvent y être chargés que sur deux couches (PLANCO 2007). Toutefois, les facteurs autres que les tirants d'air des ponts n'interviennent que dans une moindre mesure pour le transport de conteneurs. Ceci est démontré par les émissions spécifiques des transports de vrac sur les mêmes secteurs de navigation. Pour ces derniers, les disparités entre les émissions spécifiques de CO₂ sont en effet nettement plus faibles (PLANCO 2007). En d'autres termes, les tirants d'air des ponts limitent considérablement les possibilités de réduire les émissions spécifiques de CO₂ des bateaux transportant des conteneurs, parce qu'ils sont déterminants pour le chargement maximal possible.

En résumé, on peut constater que les paramètres de la voie navigable ont une incidence déterminante sur la consommation de carburant et les émissions des bateaux de la navigation intérieure. Des voies navigables de grande largeur sont une condition préalable pour une faible consommation d'énergie. Lorsque les largeurs de la voie navigable sont faibles, les possibilités de réduire la consommation d'énergie sont très limitées. Il va de soi que les administrations de la voie navigable et la profession de la navigation ont conscience de ces corrélations. Elles y réagissent de différentes manières :

- Les administrations de la voie navigable
 - augmentent les dimensions des écluses et suppriment d'autres goulets d'étranglements, de sorte que les voies navigables concernées puissent au moins être parcourues par des automoteurs particulièrement performants en termes de la consommation d'énergie,
 - avec les mêmes paramètres concernant la voie navigable, autorisent pour les bateaux des dimensions supérieures, si nécessaire avec des exigences techniques ou opérationnelles afin de préserver la sécurité,
 - rehaussent des ponts afin de permettre l'augmentation du nombre de couches de conteneurs pouvant être transportés par les bateaux.
- La profession de la navigation adapte de plus en plus les dimensions des bateaux à des secteurs de navigation ou transports donnés, ce qui permet d'utiliser des catégories de bateaux particulièrement performants sur le plan économique et de la consommation d'énergie. A titre d'exemple peuvent être mentionnés les bateaux d'une longueur supérieure à 110 m. Ces bateaux ne peuvent certes pas être exploités sur toutes les voies navigables d'Europe, mais ils peuvent servir le principal marché de la navigation, à savoir le bassin rhénan. La plupart des nouvelles constructions de bateaux de ces dernières années présentant ces dimensions.

Les indications ci-avant montrent que l'importance des "bateaux universels", exploitables sur presque toutes les voies navigables d'Europe, est en régression en raison de leurs dimensions trop restrictives. Ceci apparaît clairement à **l'annexe 7** qui présente l'augmentation continue du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure,

Toutefois, les bateaux de dimensions supérieures pourraient donner lieu à un conflit avec les objectifs écologiques. Leur exploitation pourrait impliquer un accroissement des contraintes auxquelles est soumis l'environnement aquatique ; lorsque des voies navigables sont aménagées afin de permettre l'exploitation de ces bateaux plus grands, ceci implique souvent des interventions qui affectent considérablement la nature. Par conséquent, la création des conditions pour l'exploitation de bâtiments de dimensions supérieures implique toujours un processus d'évaluation couvrant aussi les aspects écologiques. Entre temps ont toutefois été élaborées et partiellement mises en œuvre des procédures visant à limiter suffisamment l'impact sur l'environnement aquatique pour que l'exploitation de grands bâtiments de la navigation intérieure ne soit pas en contradiction avec les objectifs d'un système de transport durable (Pauli 2010).

Avec des carburants conventionnels, il n'est guère possible de réaliser des transports respectueux du climat sur des voies navigables dont les paramètres sont restrictifs, par exemple sur le système traditionnel de canaux en France. Afin de réduire les émissions de CO₂ sur les petites voies navigables, il semble par conséquent nécessaire d'utiliser des carburants qui ne provoquent que de faibles émissions de gaz à effet de serre, par exemple des biocarburants très performants, et de recourir aux énergies renouvelables. Un exemple pourrait être le bateau dit "Bierboot" (de Jong 2010). Ceci démontre que peuvent être employées pour les petits bateaux de la navigation intérieure des techniques respectueuses de l'environnement et du climat développées pour d'autres usages. Les systèmes de propulsion hybrides, tels que ceux fabriqués notamment pour les grands véhicules routiers nécessitant une puissance similaire, semblent prédestinés à cet effet.

La CCNR n'ignore pas les avantages économiques et écologiques des grands bateaux et a par exemple autorisé sur l'intégralité du Rhin l'exploitation de bateaux d'une longueur supérieure à 110 m. Ainsi, le Règlement de police pour la navigation du Rhin stipule actuellement qu'un bâtiment isolé exploité sur le Rhin ne doit pas présenter une longueur supérieure à 135 m pour une largeur de 22,8 m. Si était admise avec une largeur réduite à 15 m un bateau d'une longueur de 150 m, ceci permettrait de réduire de manière significative les émissions spécifiques, comme le montre l'exemple du bateau dit "Langschiff" (Zöllner 2009). Ce constat pourrait conduire les administrations des voies navigables à examiner non seulement la possibilité d'autoriser des dimensions maximales admissibles supérieures mais aussi des dimensions maximales plus variées.

Le réseau des voies de navigation intérieure présente un maillage nettement moins dense que le réseau ferroviaire ou routier. Il en résulte que les transports par bateau de navigation intérieure doivent généralement parcourir des distances plus grandes par rapport au même transport effectué par la route ou le rail (PLANCO 2007). Tel est le cas aussi pour les trajets pour lesquels la navigation intérieure occupe traditionnellement une grande part de marché. Les transports de minerai depuis Rotterdam jusqu'à Dillingen en constituent un exemple, la distance à parcourir par les bateaux de la navigation intérieure étant plus longue de 30 % (PLANCO 2007). Cela signifie que, même si l'on peut supposer de manière générale que les émissions spécifiques de la navigation intérieure sont inférieures, il est possible en fonction des disparités entre les émissions spécifiques des différents modes de transport et la longueur des détours, que le bilan carbone de la navigation intérieure sera supérieure à celle d'autres modes de transport pour certaines liaisons. Toutefois, ceci ne semble guère être le cas pour les relations de transport généralement desservies par la navigation intérieure européenne ((Schilperoord 2004; PLANCO 2007).

Si les extrémités de départ ou de fin de chaînes de transport incluant la navigation intérieure ne sont pas directement situées sur une voie navigable, un autre mode de transport est nécessaire, impliquant des transbordements supplémentaires de la marchandise. Si l'on tient compte des effets susmentionnés – acheminements antérieurs et postérieurs, transbordements supplémentaires – leur influence sur les émissions spécifiques peut parfois être considérable. Certes, ces effets ne revêtent pas une importance déterminante lors de l'examen de possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ en navigation intérieure et, par conséquent, pas non plus pour la teneur du présent rapport. Ils revêtent toutefois une importance dans le cadre des discussions relatives à un possible transfert du transport vers la navigation intérieure (den Boer, Otten et al. 2011). Toutefois, cela ne signifie pas qu'en considérant ces effets, la consommation de carburant et les émissions de CO₂ des transports par bateau de la navigation intérieure seront systématiquement plus défavorables que celles du transport routier ou ferroviaire. En outre, même si le bilan carbone de la navigation intérieure est plus marqué que celui d'un autre mode de transport sur une liaison de transport donnée, ceci ne peut justifier pour autant que cette liaison ne soit plus desservie par la navigation intérieure. Il est fréquent que les transports par bateau de la navigation intérieure soient plus avantageux que d'autres modes de transport sur le plan économique en dépit d'émissions de gaz à effet de serre moins favorables, notamment en raison des faibles émissions sonores et des coûts résultant d'accidents (PLANCO 2007). Il semble par conséquent nécessaire de procéder à un examen au cas par cas des émissions potentielles dans le cadre d'un transfert de transports sur la navigation intérieure (den Boer, Otten et al. 2011).

9. Mesures techniques à bord des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

Les propriétaires de bateaux à construire disposent d'un grand nombre de mesures possibles, relatives à la technique des bateaux, pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Ils peuvent choisir parmi elles celles qui sont économiquement et techniquement les plus avantageuses pour leurs bateaux et leurs usages. Pour les transformations de bateaux existants, le potentiel d'économie est nettement moindre. C'est l'augmentation des dimensions et du port en lourd des bateaux qui présente le plus grand potentiel d'économie. Étant donné son importance majeure pour l'évolution future des émissions, cette question doit être étudiée en profondeur. 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.

Il n'existe pas d'études de mesures pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ en navigation intérieure qui soient comparables dans leur ampleur et leur profondeur aux études concernant la navigation maritime (Buhaug, Corbett et al. 2009). Les mesures de réduction reproduites à l'**annexe 5** ont été établies dans le cadre du vaste projet de recherche "EU Transport GHG: Routes to 2050?" de la Commission européenne, qui concerne tous les modes de transport. Les mesures de réduction des émissions de CO₂ de la navigation intérieure étaient également le thème de l'atelier de la CCNR le 12 avril 2011 à Strasbourg. Les mesures possibles identifiées par les participants sont reproduites sur le site internet de la CCNR (www.ccr-zkr.org). Dans le cadre de l'atelier, ces mesures de réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ ont également été soumises à une évaluation (Croo 2011; Schweighofer 2011), dont les résultats peuvent être résumés comme suit :

- En général, le potentiel de réduction des émissions dépend largement de la taille du bateau, de son état, de son équipement, de sa zone d'exploitation et de son mode d'exploitation.
- De nombreux bâtiments sont déjà équipés de certaines technologies de réduction des émissions et ont été conçus en faisant appel à des techniques d'optimisation classiques, ce qui ne laisse que très peu de potentiel de réduction des émissions de CO₂ pour ces bateaux.

- Le potentiel de réduction des émissions de la flotte existante peut être grossièrement estimé à 10 % pour la seule application de mesures hydrodynamiques.
- Les mesures de réduction des émissions de CO₂ peuvent être coûteuses et faire perdre du précieux espace de chargement ou port en lourd. L'estimation correcte de la réduction des émissions et la viabilité économique doivent être considérées au cas par cas.
- En fournissant des niveaux d'eau suffisants, on réduit les effets des eaux maigres (résistance) et on permet des bâtiments plus grands et des quantités de chargement plus importantes, ce qui apporte une nette réduction des émissions de CO₂ par tkm.
- Le potentiel de réduction du CO₂ des moteurs est très limité.
- La propulsion diesel-électrique offre un potentiel important de réduction du CO₂.
- Une combinaison de différentes mesures est possible et nécessaire.
- Les objectifs de réduction des gaz à effet de serre visés par la Commission européenne ne peuvent pas être atteints avec des seules mesures concernant la propulsion.
- Les propulsions diesel-électriques peuvent présenter des problèmes de sécurité ; les exigences techniques de la CCNR et de l'UE pour les bateaux de navigation intérieure doivent donc être modernisées.

L'**annexe 6** contient une présentation récapitulative et une évaluation des mesures précitées et d'autres mesures relatives à la technique des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂.

Tant le projet de recherche "Transport GHG: Routes to 2050?" (Hazeldine, Pridmore et al. 2009) que les discussions dans le cadre de l'atelier de la CCNR ont identifié que l'augmentation du port en lourd moyen (taille) était la mesure vraisemblablement la plus importante pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ de la navigation intérieure. L'**annexe 7** contient une présentation simplifiée de l'évolution de la taille moyenne des bateaux et de ses conséquences possibles sur les émissions de CO₂. Si l'augmentation prévue d'environ 1,5 % par an (Ickert, Ulrike et al. 2007) de la taille des bateaux a effectivement lieu, il pourrait en résulter - en approximation grossière - un recul des émissions spécifiques de CO₂ environ du même ordre. Sur une année, cette baisse pourrait paraître négligeable ; en cas d'augmentation des dimensions des bateaux sur plusieurs décennies telles que celle constatée en navigation rhénane, le pourcentage de baisse pourrait toutefois atteindre une valeur à deux chiffres. L'augmentation continue de la taille des bateaux revêtirait ainsi une importance décisive pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ de la navigation intérieure, au moins sur le Rhin et sur d'autres voies navigables où les dimensions moyennes des bateaux sont encore nettement inférieures aux dimensions maximales admissibles. Il semble donc approprié de vérifier l'étude présentée à l'**annexe 7** ainsi que ses résultats.

10. Mesures relatives à l'exploitation des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

Les mesures d'exploitation pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ 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. 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.

L'analyse étendue effectuée par l'OMI de mesures pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ en navigation maritime inclut également les mesures concernant l'exploitation des bateaux. Ces mesures peuvent être fondamentalement transposées à la navigation intérieure. Par contre, il n'existe pas d'études comparables pour la navigation intérieure. Les mesures de réduction qui ont été établies dans le cadre du vaste projet de recherche "*EU Transport GHG: Routes to 2050?*" présentent seulement quelques mesures de réduction des émissions. Les mesures d'exploitation pour réduire les émissions de CO₂ de la navigation intérieure étaient également un des thèmes de l'atelier de la CCNR le 12 avril 2011 à Strasbourg. Les mesures possibles identifiées par les participants sont reproduites sur le site internet de la CCNR (www.ccr-zkr.org) et, lors de l'atelier, elles ont été soumises à une évaluation (ten Broeke 2011) dont les résultats peuvent être résumés comme suit :

- Les mesures opérationnelles ont un grand potentiel de réduction des émissions de CO₂.
- La prise en compte des effets des eaux maigres est d'une importance majeure.
- La prise de conscience des potentiels de réduction est faible, mais elle augmente.
- L'utilisation de simulateurs contribuera à améliorer la prise de conscience.
- La réduction des émissions de CO₂ fait déjà partie de l'instruction.

L'annexe 8 récapitule et évalue les mesures d'exploitation pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Elle permet de présumer qu'il existe de nombreux potentiels de réduction, qui concernent avant tout l'optimisation de la vitesse du bateau. Tel est également l'objectif du programme néerlandais "*Smart Steaming*" décrit de manière plus détaillée en **annexe 9**. Les succès attestés de ce programme laissent penser qu'il conviendrait de l'étendre au-delà des frontières des Pays-Bas.

On développe pour cela de plus en plus d'outils principalement informatiques qui aident le conducteur à choisir la vitesse optimale pour chaque tronçon du parcours. L'appareil dit Tempomaat¹³ est un tel dispositif auxiliaire. Compte tenu des rapports coût /efficacité très favorables que laisse présager l'investissement dans de tels moyens auxiliaires à la fois sur le plan opérationnel et économique, il semble pertinent d'examiner la possibilité d'une obligation juridique faite aux bateaux de la navigation intérieure de s'équiper de tels moyens auxiliaires.

¹³ http://ec.europa.eu/eu_law/state_aids/comp-2010/n264-10.pdf, et www.tempomaat.nl

Dans la navigation intérieure européenne, les limitations de vitesses sont fréquentes pour des raisons de sécurité, pour éviter que le lit ne subisse des dommages et pour limiter les émissions polluantes. Ces limitations sont appliquées sur de courtes sections des voies navigables, dans les ports ou sur l'intégralité d'une voie navigable. Toutefois, une limitation générale de la vitesse ne permet guère d'atteindre l'objectif d'une réduction de la consommation de carburant et donc des émissions de gaz à effet de serre. Les raisons en sont décrites dans la **section 8** du présent rapport. Les vitesses favorables sur le plan énergétique dépendent fortement de la profondeur de l'eau. Par conséquent, la fixation d'une vitesse maximale admissible ne permettrait de réduire la consommation de carburant que pour certaines catégories de bateau et seulement en présence d'une certaine hauteur d'eau. La vitesse serait trop élevée ou trop basse pour les autres catégories de bâtiments et en présence d'autres hauteurs d'eau pour que la limitation ait un effet. Par conséquent, contrairement à la navigation maritime, les bateaux de la navigation intérieure ne devraient pas être exploités à une vitesse faible et constante (Slow Steaming) mais à une vitesse optimale (Smart Steaming).

11. Utilisation d'énergies alternatives (carburants) pour la réduction des émissions de CO₂

Comme carburants, la navigation intérieure actuelle utilise presque exclusivement du gazole. Le gazole produit des émissions importantes de CO₂ lors de sa combustion et celles-ci représentent l'essentiel des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure. De plus, à partir du milieu de ce siècle, les carburants à base de pétrole ne seront plus disponibles ou ne le seront qu'à des coûts non supportables pour la navigation intérieure. La navigation intérieure doit donc accomplir dans les prochaines décennies une conversion totale à d'autres énergies. Ces énergies alternatives doivent être pauvres en carbone, voire dépourvues de carbone, et elles doivent être disponibles plus longtemps, voire de manière illimitée. Les biocarburants liquides sont certes les successeurs logiques des huiles minérales actuelles, mais ils ne semblent pas pouvoir être produits durablement dans les quantités nécessaires.

Un mix de carburants s'établira donc dans la navigation intérieure, comprenant le GNL, le GNC et des biocarburants liquides et gazeux. L'énergie électrique, stockée à bord dans des batteries ou obtenue à partir d'hydrogène ou de méthane, 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 légales 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. Celle-ci doit être intégrée dans une stratégie incluant tous les modes de transport et doit faire l'objet d'une coordination internationale, la navigation intérieure européenne revêtant un caractère international.

Une condition essentielle pour une utilisation rentable d'énergies alternatives est, outre leur disponibilité à des coûts supportables pour la navigation intérieure, la mise en place de normes de qualité. Les nouveaux systèmes de propulsion pour les bateaux de navigation intérieure ne s'imposeront sur le marché que si les énergies qu'ils utilisent sont disponibles à un coût avantageux, dans des quantités suffisantes et avec une qualité constante. De nouvelles normes doivent également être développées pour les prescriptions d'homologation des moteurs proprement dits. Actuellement, selon ces prescriptions, seul le gazole est homologué comme carburant. Le processus d'homologation du GNL dans la navigation rhénane et intérieure a démarré. Les prescriptions d'homologation doivent être progressivement modifiées de façon que toutes les énergies pertinentes puissent être réellement utilisées sans compromettre la sécurité de la navigation. Lors de l'introduction des carburants sans soufre et du GNL dans la navigation intérieure, la CCNR a montré qu'elle était à même, par ses compétences techniques et sa capacité à mettre au point et imposer des normes, de promouvoir le développement pour la navigation intérieure de carburants écologiquement souhaitables. Comme les États membres de la CCNR sont responsables d'environ les trois-quarts des prestations de transport et donc de la consommation de carburant de la navigation intérieure dans l'UE, il est logique qu'ils assurent conjointement avec la CCNR – en concertation avec la Commission européenne en en appui à ses possibles travaux - un rôle directeur dans l'élaboration d'une stratégie pour les futures sources d'énergie de la navigation intérieure, et dans la mise au point des normes nécessaires.

Pour l'autorisation du GNL, la CCNR pourrait s'appuyer sur les enseignements tirés de l'utilisation de GNC à bord de petits bateaux à passagers sur des secteurs de navigation délimités. Une entreprise établie à Amsterdam qui exploite environ 10 bateaux d'excursions avec du GNC possède une expérience de plusieurs années en la matière (de Wilde and Weijers 2008).

Le groupe d'experts européens sur les carburants du futur pour les transports a mené une étude approfondie des différentes sources d'énergie pour tous les modes de transport (Fuels 2011). **L'annexe 10** contient un résumé des résultats de cette étude. Comme d'autres sources (IEA 2011a), le groupe d'experts souligne qu'au milieu du siècle, les huiles minérales ne seront vraisemblablement plus disponibles comme carburants pour les transports. Des carburants alternatifs doivent être trouvés et utilisés non seulement pour atteindre les objectifs climatiques, mais aussi du fait de l'épuisement des sources de pétrole.

Pour l'utilisation du GNL dans la navigation intérieure, comme auparavant pour le gazole, on a étudié le bilan énergétique global et les émissions de gaz à effet de serre par une analyse "well-to-wheel" ("du puits à la roue", c'est-à-dire de l'extraction du combustible jusqu'à son utilisation finale). Une part importante de ces émissions est constituée de CH₄. On la convertit en équivalents CO₂. En tenant compte de ces émissions, on obtient pour l'utilisation du GNL dans la navigation intérieure un potentiel de réduction du CO₂ d'environ 10 %, comparé à l'utilisation de gazole (Verbeek, Kadijk et al. 2011).

Cette valeur correspond approximativement à la valeur (5 à 7 %) indiquée pour les moteurs diesel Euro 5 des véhicules routiers par le groupe d'experts européens sur les carburants du futur pour les transports (Fuels 2011). Un potentiel de réduction du CO₂ de 20 à 25 % est par ailleurs mentionné (Consuegra and Paalvast 2010; Koopmans 2011). Ceci correspond à la valeur théorique en cas de remplacement du gazole par le GNL, sans prise en compte des processus en amont (tank to wheel) et sans prise en compte des possibles effets négatifs sur le climat des émissions de CH₄ (fuites de méthane). En raison de la grande importance que devrait prendre à l'avenir le gaz naturel en tant que carburant pour la navigation intérieure, il semble souhaitable de déterminer de manière étayée une valeur pour le potentiel de réduction des émissions de CO₂ du GNL.

La norme européenne EN 16258 : 2013 fixe des valeurs relatives aux facteurs d'émissions de gaz à effet de serre pour un grand nombre de carburants, y compris pour le GNC, mais le GNL n'en fait pas partie. Sur la base de cette norme peut être calculé pour le GNC – par rapport au gazole – un potentiel de réduction des équivalents CO₂ d'environ 20 % (Tank-to-Wheel) et de 25 % (Well-to-Wheel). Etant donné que la production et le transport de GNL et de GNC sont très différents, les potentiels de réduction ne devraient être transposables que si ne sont pas pris en compte les processus en amont.

Les biocarburants, qu'ils soient liquides ou gazeux, ne peuvent actuellement pas encore être produits durablement en grandes quantités. Dans le futur également, les biocarburants ne couvriront qu'une part limitée de la demande énergétique de la navigation intérieure. D'une part, il existe des limites naturelles aux possibilités de production de carburants biogènes ; d'autre part, la navigation intérieure sera en concurrence pour les biocarburants avec les autres modes de transport, plus performants du point de vue économique. De plus, les biocarburants devront satisfaire dans l'avenir à des objectifs toujours plus sévères de réduction des gaz à effet de serre. De même, on peut supposer que les végétaux énergétiques déclencheront indirectement des modifications de l'utilisation des surfaces agricoles, donc une concurrence d'éviction pour cette utilisation. Cela peut entraîner non seulement une augmentation importante des prix des denrées alimentaires, mais aussi un supplément d'émissions de gaz à effet de serre (Ahrens 2011). La production de biogaz par fermentation de maïs est actuellement considéré d'un œil particulièrement critique (Schuh 2011). En raison des importantes critiques dont a fait l'objet la promotion des biocarburants par l'UE, la Commission européenne s'est trouvée dans l'obligation de soumettre en octobre 2012 des propositions pour la modification des instruments juridiques correspondants, à savoir la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. Ces propositions visent avant tout à limiter

l'adjonction de biocarburants conventionnels (qui présentent le risque d'émissions résultant de modifications indirectes de l'utilisation des terres), à améliorer le bilan, sur le plan des gaz à effet de serre, des processus de production de biocarburants (réduction des émissions en résultant) par un accroissement des réductions des émissions de gaz à effet de serre devant être atteintes et à promouvoir l'accès au marché de biocarburants novateurs (qui ne nécessitent que peu de modifications de l'utilisation faite des terres) (UE 2012a). Des progrès significatifs sont actuellement atteints dans le domaine de la production de biocarburants à grande échelle à partir de déchets, que la Commission européenne souhaite promouvoir avec son projet, mais certains projets similaires de production de biocarburants dits de deuxième génération ont connu des échecs (Trechow 2012). Dans sa "roadmap", l'agence internationale de l'énergie (IEA) estime qu'en 2050, un bon quart de la totalité des carburants globalement utilisés dans les transports pourra provenir de la biomasse et devrait permettre une réduction d'au moins 50 % des gaz à effet de serre par rapport aux carburants classiques (IEA 2011b). Il est probable que les biocarburants seront essentiellement utilisés lorsqu'il n'existe pas ou peu d'alternatives pertinentes, notamment dans le transport aérien, la navigation maritime et pour les transports routiers.

L'utilisation de carburants biogènes est plus compliquée sur des bateaux de navigation intérieure qu'à terre (Arntz 2010). Pour des raisons techniques, les constructeurs de moteurs sont actuellement réticents à l'utilisation accrue de biocarburants dans la navigation intérieure. La technique complexe de réduction des émissions de polluants qu'on peut maintenant rencontrer également dans la navigation intérieure, qu'elle soit obtenue par des mesures internes aux moteurs ou par des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement, nécessite des carburants d'un niveau de qualité élevé et constant. Dans une première étape, il faudrait définir les normes techniques de qualité que ces carburants doivent respecter. On pourrait ensuite s'occuper de la mise à disposition de ces carburants. Les constructeurs de moteurs exigent la preuve que soit exclue sur une période relativement longue une dégradation de la qualité des carburants par le stockage à bord dans les conditions ambiantes typiques de la navigation intérieure (Scherer 2011).

Dans la navigation intérieure, l'utilisation de l'énergie électrique, stockée dans des batteries rechargeables ou sous forme d'hydrogène produit par électrolyse, en est encore à ses débuts (Krijgsman 2010). Ces énergies sont cependant, parmi les énergies actuellement en discussion, les seules qui peuvent être théoriquement produites sans dégagement d'émissions de gaz à effet de serre ("émissions zéro"). Les objectifs de réduction des émissions seront donc un élément clé dans la détermination de leur importance future dans la navigation intérieure. Actuellement, ce sont surtout de petits bateaux à passagers qui utilisent de l'énergie électrique stockée dans des batteries. Il semble que l'intérêt accordé à ces systèmes augmente. A titre d'exemple, une association a été créée en France pour les bateaux électriques. Son site Internet ¹⁴ comporte des informations relatives à plusieurs bateaux à passagers utilisant des batteries pour leur propulsion. Ce système de propulsion est utilisé aussi par deux petits bateaux à marchandises utilisés pour des transports en provenance et à destination du centre d'Utrecht¹⁵. A Hambourg a été mis en service dès 2008 un bateau à passagers équipé de piles à combustible utilisant l'hydrogène en tant que combustible¹⁶. Dans le cadre du programme national allemand d'innovation dans le domaine de la technologie des piles à hydrogène et à combustible (NIP) est étudiée l'utilisation de piles à combustible pour la production d'énergie électrique et thermique à bord de bateaux de croisière¹⁷. Les principaux constructeurs d'automobiles considèrent que la technologie utilisant l'hydrogène en association avec des piles à combustible constitue une perspective durable pour les voyages sur de longues distances en raison de leur forte densité de puissance (Reuss 2012). Si cette perspective devait aboutir dans la construction automobile, ceci pourrait ouvrir la voie aussi à des utilisations nombreuses en navigation intérieure, notamment en raison des coûts.

¹⁴ L'Association Française pour le Bateau Electrique, <http://www.bateau-electrique.com/>

¹⁵ http://www.binnenvaartkrant.nl/2/artikel.php?artikel_id=3807

¹⁶ <http://www.hysolutions-hamburg.de/index.php?id=26>

¹⁷ <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/nationales-innovationsprogramm-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie-nip.html>

L'hydrogène peut être produit par la transformation de l'énergie éolienne, la technologie dite "Power-to-gas". En Allemagne a été mise en service en 2011 une première centrale électrique à cet effet. Lorsque l'hydrogène ainsi produit est transformé en énergie électrique de propulsion au moyen de piles à combustible, le niveau global d'efficacité de la chaîne est d'environ 30 %. Cette valeur est faible, mais si on part du principe que l'hydrogène est produit lorsque d'autres utilisateurs de l'énergie éolienne font défaut, cette technologie peut néanmoins constituer une alternative pertinente aux processus traditionnels de stockage de l'énergie (Schulze 2012).

Une méthode relativement récente de stockage d'énergie électrique fait appel au méthane. Ici, on produit à l'aide d'énergie électrique du méthane à partir de CO₂ et d'eau. Une première installation à l'échelle industrielle, transformant de l'énergie éolienne excédentaire en méthane, doit être mise en service en 2013 (Reuss 2012). Le "e-gaz", comme on appelle également le méthane synthétique produit de la sorte, présente par rapport à l'hydrogène l'avantage d'être quasiment interchangeable avec le gaz naturel. Sauf pour sa production, on n'a donc pas besoin de technologies ou d'infrastructures particulières. Sous réserve de pouvoir éviter les fuites de méthane avant sa combustion, il satisfait très largement à la neutralité carbone, car la quantité de CO₂ dégagée lors de la combustion correspond à celle soustraite à l'atmosphère lors de la production. L'e-gaz semble donc constituer une alternative tout à fait réaliste pour exploiter les bateaux de navigation intérieure en respectant la neutralité carbone.

Des études analogues à celles précitées doivent être effectuées pour l'utilisation d'autres carburants non conventionnels dans la navigation intérieure, dans la mesure où les études correspondantes effectuées pour d'autres modes de transport ne sont pas transposables. Afin d'éviter des développements contreproductifs, ces études devraient être disponibles avant une décision sur l'encouragement des carburants alternatifs.

Le passage à des énergies alternatives pauvres en carbone ou dépourvues de carbone entraînera des modifications fondamentales de tous les modes de transport. Des stratégies ont donc logiquement été développées (Bundesregierung 2004) ou annoncées en ce sens. La Commission européenne a envisagé de présenter une stratégie cohérente à long terme pour les carburants, mais tel n'a pas encore été le cas à la date de rédaction du présent rapport¹⁸. Une nouvelle stratégie relative aux carburants est prévue en Allemagne (DENA 2011). Il est prévu que des recommandations de mesures à prendre soient présentées fin 2012¹⁹.

Le futur mix énergétique de la navigation intérieure ne sera pas déterminé par la branche. En fait, elle choisira parmi les énergies proposées les mieux appropriées pour elle d'un point de vue technique et surtout économique. En ce sens, elle sera "suiveuse" et non "moteur" de l'évolution. La navigation intérieure ne peut cependant pas attendre les développements dans les autres secteurs pour s'y rallier les yeux fermés, car les conditions cadres ne sont pas les mêmes pour elle que pour la route et le rail. Une stratégie de carburants développée pour l'intégralité du secteur du transport et tenant compte des conditions spécifiques auxquelles est soumise la navigation intérieure est par conséquent nécessaire. L'élément clé de cette stratégie consisterait à faire disparaître dans une large mesure de la navigation intérieure les carburants à base de pétrole. Aujourd'hui, la navigation intérieure fonctionne presque à 100 % avec du gazole ; dans 40 ans, ces carburants ne seront quasiment plus disponibles pour la navigation intérieure. Ceci est dû à la forte hausse de la demande en Chine et dans d'autres pays à forte population à un moment où la production de pétrole atteint ses limites naturelles. Dans l'hypothèse où des carburants issus du pétrole seraient alors encore disponibles, ils seront commercialisés sur des marchés disposés à payer un prix élevé, ce qui sera probablement le cas du transport aérien. 40 ans semblent être une échéance lointaine, mais c'est en fait moins que la durée de vie d'un bateau de navigation intérieure actuellement en service. En d'autres termes, les bateaux qui sont actuellement mis en service avec des moteurs diesel devront probablement être convertis à d'autres sources d'énergie vers la fin de leur durée de vie.

¹⁸ http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cts/future-transport-fuels_en.htm

¹⁹ http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Zukunftstechnologien/MKStrategie/HintergrundMKS/mks-hintergrund_node.html

Sur la base des résultats des études du groupe d'experts européens (Fuels 2011) et des explications ci-dessus, une stratégie pour l'évolution future des sources d'énergie dans la navigation intérieure pourrait partir des principaux points suivants :

1. Utilisation de gazole tant que cela est économiquement possible (augmentation des coûts d'acquisition, surcoût du post-traitement des gaz d'échappement) ;
2. Introduction continue du GNL (et de l'e-gaz), en analogie à la navigation maritime et à la navigation côtière ;
3. Introduction d'énergie électrique stockée dans des batteries rechargeables, en analogie au transport routier ;
4. Introduction d'énergie électrique stockée sous forme d'hydrogène, en analogie au transport routier ;
5. Biocarburants liquides en mélange/remplacement du gazole (sous réserve de disponibilité)
6. Biocarburants gazeux en mélange/remplacement du GNL (sous réserve de disponibilité)
7. Remplacement total des sources d'énergie fossiles.

Si les futures stratégies de carburants de la Commission européenne et des États devaient ne pas prendre en compte de façon décidée la navigation intérieure, comme c'est par exemple le cas pour la stratégie allemande toujours d'actualité (Bundesregierung 2004), la CCNR pourrait combler cette lacune et développer une stratégie de carburants de la navigation intérieure ou du moins des bases d'une telle stratégie, pouvant être intégrées dans des stratégies globales.

12. Potentiel pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ en navigation intérieure

Les **sections 9 et 10** du présent rapport et plus particulièrement les **annexes 6 et 8** décrivent différentes mesures visant à réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ en navigation intérieure. Le **tableau 3** comporte sous forme de synthèse une estimation du potentiel de réduction de ces mesures. L'exploitation de ces potentiels dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'introduction des mesures d'accompagnement décrites dans la **section 13**.

En guise de référence ou de base pour les potentiels de réduction est retenue la "moyenne" de la flotte actuelle. La valeur la plus basse traduit le potentiel de réduction possible pour chaque cas, la valeur la plus élevée décrit le potentiel maximal. La valeur 0 % signifie que certains bateaux exploitent déjà actuellement ce potentiel ou que la mesure correspondante n'est pas applicable pour tous les bateaux pour des raisons particulières. Pour la combinaison de mesures, la valeur la plus faible représente le potentiel de réduction par rapport à des bateaux déjà construits et exploités de manière efficace sur le plan de la consommation d'énergie. La valeur supérieure représente le potentiel de réduction pour les bateaux actuels moins économes en termes de consommation d'énergie.

Tableau 3 : Estimation du potentiel de réduction la consommation de carburant et des émissions de CO₂ de la navigation intérieure par le recours à des technologies et pratiques connues

Mesures		Réduction des émissions de CO ₂ / tkm	Combiné	Combiné
Technique navale	Augmentation du rendement des moteurs	2 % à 5 %	10 % à 25 %	10 % à 50 %
	Systèmes de propulsion diesel-électriques	0 % à 20 %		
	Systèmes de propulsion hybrides	0 % à 20 %		
	Récupération de la chaleur perdue	0 % à 5 %	0 % à 25 %	
	Organes de propulsion plus efficaces	5 % à 20 %		
	Organes de propulsion alternatifs	0 % à 25 %	5 % à 25 %	
	Coques légères	0 % à 5 %		
	Aérodynamisme	0 % à 15 %		
	Optimisation de la forme du bateau	0 % bis 10 %		
	Plaque déflectrice	0 % à 10 %		
	Jupe tunnel dynamique	0 % à 10 %		
	Optimisation du point de couplage	0 % à 15 %		
Exploitation	Smart steaming, just in time"	0 % à 30 %	5% à 30 %	10 % à 40 %
	Optimisation de la vitesse à l'aide de systèmes d'aide à la décision	0 % à 15 %		
	Optimisation de la planification du voyage	0 % à 20 %		
	Optimisation par guidage automatique de la trajectoire	0 % à 10 %	0 % à 10 %	
	Optimisation de l'entretien des moteurs	0 % à 5 %		
	Optimisation de l'entretien de l'hélice	0 % à 5 %		
	Optimisation de l'entretien de la coque	0 % à 5 %	5 % à 15 %	
	Optimisation de l'assiette du bateau	0 % à 5 %		
	Optimisation des éclusages et passages sous les ponts	0 % à 15 %		
	Optimisation de l'exploitation dans les ports	0 % à 5 %		
	Alimentation en courant électrique depuis la terre	0 % à 5 %		

Les valeurs susmentionnées comportent de nombreuses incertitudes concernant

- le potentiel de réduction de chaque mesure à bord d'un bateau,
- le potentiel de réduction en cas de combinaison de différentes mesures à bord d'un bateau,
- l'étendue possible de la mise en œuvre des mesures à bord de tous les bateaux, notamment à bord des bateaux déjà en service

Par conséquent, ces indications ne reflètent qu'une estimation par les experts, certains d'entre eux estimant que la combinaison n'offre qu'un potentiel de réduction nettement plus faible. On peut par conséquent saluer le fait que la liste ci-avant fasse déjà l'objet d'un examen par des experts et que sa vérification sur une base scientifique soit prévue prochainement. En outre, le rapport coût / efficacité des différentes mesures ou des combinaisons de mesures n'est pas pris en compte, ce qui signifie que la mise en œuvre de certaines de ces mesures ou combinaisons de mesures pourrait s'avérer impossible pour des raisons de coût.

Dans le passé, diverses nouvelles prescriptions visant à améliorer la sécurité ou la protection de l'environnement ont provoqué une augmentation des besoins en énergie et donc une augmentation de la consommation de carburant des bateaux de la navigation intérieure. A titre d'exemple peuvent être mentionnées les exigences applicables aux stations d'épuration de bord. Une approche globale concernant les mesures visant à améliorer la sécurité et la protection de l'environnement pourrait contribuer à l'avenir à éviter autant que possible les conséquences négatives susceptibles d'en résulter en termes d'efficacité énergétique des bateaux de la navigation intérieure.

13. Mesures de soutien à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

Peuvent être qualifiées de mesures de soutien, des mesures qui ne contribuent pas par elles-mêmes à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre, mais qui favorisent cependant la mise en œuvre des mesures opérationnelles et de technique navale énoncées dans les sections précédentes. Une mesure élémentaire et fondamentale de soutien consiste en la mise à disposition d'informations pertinentes. D'autres mesures de soutien peuvent être prises sur une base volontaire ou résulter de prescriptions ou de subventions.

13.1 Mise à disposition d'informations

Les travaux de la CCNR relatifs à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre ont montré qu'un certain nombre d'informations pertinentes sont disponibles. La recherche de ces informations est toutefois fastidieuse. En outre, les informations sont souvent disponibles dans une seule langue. Pour faciliter le transfert d'informations, la profession de la navigation néerlandaise a publié avec l'appui de l'administration néerlandaise une brochure d'informations (de Grave) qui n'est entre-temps plus tout à fait à jour. La CCNR ainsi que l'AIPCN avaient prévu la mise en place d'une plate-forme d'informations, mais à ce jour seule la page web de la CCNR relative à l'atelier "Emissions de CO₂ de la navigation intérieure - Comment les mesurer? Comment les réduire ?"²⁰ a été créée en avril 2011. Sur proposition du Secrétariat de la CCNR, PLATINA a repris des mesures dans sa base de données²¹ relative aux innovations, mais celles-ci se limitent à quelques aspects techniques et ne sont publiées qu'en anglais. Ces exemples mettent en évidence à la fois les lacunes des informations actuellement disponibles et les possibilités qui existent concrètement pour une mise à disposition fonctionnelle d'informations détaillées et pertinentes à l'attention des parties intéressées ainsi que les points auxquels il conviendrait de veiller :

1. La publication d'une brochure multilingue sur les plus importantes mesures d'améliorations opérationnelles et technologiques ; celle-ci pourrait être réalisée sur la base de l'ancienne brochure élaborée en son temps par la profession néerlandaise de navigation intérieure.
2. La création d'une page web multilingue faisant office de plateforme d'informations sur tous les aspects essentiels de la réduction de la consommation du carburant et des émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure ; cette page web pourrait être élaborée à partir du présent rapport et de la page web de la CCNR relative à l'atelier susmentionné.
3. L'établissement à l'attention des parties concernées d'une base de données multilingue décrivant les possibilités de réduction de la consommation du carburant et des émissions de gaz à effet de serre par le biais d'une optimisation de l'exploitation des bateaux et d'améliorations technologiques, cette base de données constituant une partie de la page web susmentionnée et s'appuyant sur les catalogues de mesures déjà réalisés pour l'atelier de la CCNR.

²⁰ www.ccr-zkr.org/temp/workshop120411_de.htm

²¹ www.naiades.info/innovations/index.php5/Innovation_database

13.2 Mesures de soutien sur la base du volontariat

L'OMI a défini différentes mesures de soutien pour la navigation maritime, dont les suivantes sont pertinentes :

- L'application d'un indice de conception d'efficacité énergétique (Energy Efficiency Design Index - EEDI)
- L'application d'un indice opérationnel d'efficacité énergétique (Energy Efficiency Operational Index - EEOI)
- Un plan de gestion d'efficacité énergétique (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP)

Une description exhaustive de ces instruments, y compris de leurs possibilités et limites, figure en **annexe 11**. L'EEDI et le SEEMP seront introduits de manière obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2013 pour les navires présentant un tonnage brut de 400 et plus²².

L'EEDI est un système de **classification des bateaux selon leur consommation énergétique**. Cette classification énergétique présente plusieurs avantages :

1. Elle aide le propriétaire du bateau dans ses décisions d'investissement, car elle permet de déterminer clairement l'efficacité énergétique et environnementale qu'il sera possible d'atteindre en contrepartie de l'investissement. En outre, une bonne classification augmente la valeur du bateau à la revente.
2. Elle facilite aux chantiers navals la vente de nouveaux bateaux performants énergétiquement et écologiquement, car une classification favorable permettra de justifier l'utilité des dépenses d'investissement.
3. Elle constitue une base pratique et transparente pour les systèmes d'aides économiques. Les bateaux bien classés pourront bénéficier de réductions plus substantielles sur les droits portuaires ou de transit que les bateaux moins bien classés.
4. Elle offre aux systèmes de subventions étatiques qui se fondent sur la classification une base de référence plus large et surtout indépendante d'autres mesures. Les subventions pourront être attribuées en fonction d'un objectif à atteindre, par exemple, la meilleure classe en matière de consommation énergétique. Le propriétaire du bateau pourra ensuite se déterminer librement sur les mesures les plus appropriées pour atteindre l'objectif visé.
5. La classification en fonction de la consommation énergétique pourra aussi être directement intégrée comme un élément important d'un système de certification environnementale de bateaux de navigation intérieure (label vert ou écolabel ange bleu).

Une classification analogue existe déjà pour les automobiles, les appareils électriques et les habitations. Une analyse comparative de différentes possibilités de classifications selon la consommation énergétique a également été menée pour la navigation intérieure (ECOFYS). Sur la base de cette analyse et des travaux de l'OMI pourrait être développée une classification spécialement adaptée à la navigation intérieure.

²² www.imo.org/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-64th-session.aspx

L'EEOI permet la comparaison et le **benchmarking en matière de performance énergétique et écologique des bateaux**. Ce benchmarking présente aussi plusieurs avantages :

1. Il permet au propriétaire d'un bateau de comparer directement l'efficacité énergétique de son bateau à celle d'autres bateaux et ainsi d'identifier les améliorations potentielles.
2. Il constitue pour le propriétaire d'un bateau une base solide permettant d'accorder aux conducteurs des primes les incitant à exploiter le bateau de manière économique en termes de consommation énergétique.
3. L'introduction de l'EEOI fournit des données précieuses sur la consommation en carburant d'une flotte. Ces données sont indispensables à une bonne gestion de l'entreprise. Dans la mesure où elles sont accessibles à l'administration, elles permettent également de valider des facteurs d'émissions à partir d'émissions réelles et de contrôler dans la pratique les avancées de la politique de lutte contre le changement climatique au sein de la navigation intérieure.
4. L'existence d'un indice opérationnel d'efficacité énergétique peut également être prise en compte comme élément d'un système de certification environnementale des bateaux de navigation intérieure.

Sur la base des travaux de l'OMI et des premières applications par les sociétés de classification pourrait être développé un indicateur opérationnel d'efficacité énergétique spécifique ou adapté à la navigation intérieure.

Le SEEMP constitue un **outil structuré et transparent pour l'amélioration continue de l'efficacité énergétique opérationnelle des bateaux**. Il permet une bonne gestion de l'entreprise. Les progrès réalisés devraient pouvoir être mesurés à l'aide de l'EEOI. L'existence d'un SEEMP peut également être intégrée comme un élément d'un système de certification environnementale en navigation intérieure.

Les labels écologiques attestent d'un **système de certification pour une éco-conception du bateau et une exploitation respectueuse de l'environnement**. "Le label écologique ... doit fondamentalement permettre de distinguer les bateaux qui ont mis en œuvre les mesures visant à réduire leur impact environnemental au-delà des exigences réglementaires.

La marge de manœuvre entre les exigences réglementaires et les améliorations techniques volontaires s'est réduite au cours des dernières années en raison d'exigences environnementales plus restrictives. A l'avenir on peut néanmoins espérer des progrès techniques, en particulier en matière de performance énergétique. A l'avenir, le label écologique continuera d'évoluer pour être constamment en conformité avec les dernières dispositions réglementaires, ce qui signifie que de nouvelles exigences viendront s'ajouter.

L'impact environnemental réel est certes limité si seuls quelques bateaux adoptent des normes environnementales plus exigeantes, mais cela peut enclencher un processus dynamique. Il est ainsi démontré qu'investir dans des mesures environnementales qui vont au-delà des exigences réglementaires est faisable et économiquement viable, ne serait-ce qu'en raison des compressions directes des dépenses ou, indirectement, en raison de l'amélioration de l'image environnementale. Ceci doit inciter à l'introduction d'innovations technologiques." (Seum, Bahlke et al. 2011)

Les propriétaires de bateau qui réalisent les investissements nécessaires à l'obtention d'un label souhaitent à la fois protéger l'environnement et le climat et améliorer la notoriété de leur entreprise. Ils souhaitent également voir leurs investissements financiers récompensés, par exemple en bénéficiant d'une réduction des droits portuaires et d'une priorité auprès des chargeurs. De nombreux pays ont introduit des labels écologiques pour les navires en mer. L'Allemagne a opté pour le label „Ange bleu"²³, avec l'attribution d'un label pour une éco-conception du bateau et d'un autre pour une exploitation respectueuse de l'environnement.

²³ www.blauer-engel.de/de/blauer_engel/was_steckt_dahinter/schutzziele.php?objective=Wasser

Plus de 300 bateaux de la navigation intérieure ont obtenu à ce jour l'écolabel Green Award²⁴; surtout aux Pays-Bas. Un bateau certifié selon le cahier des charges de la Green Award doit respecter certaines conditions opérationnelles et techniques en faveur de la protection de l'environnement et du climat afin de pouvoir bénéficier d'avantages financiers tels que des remises sur les droits portuaires perçus dans de grands ports néerlandais et belges. Des subventions accordées par l'Etat et des aides des banques contribuent financièrement à la mise en place de l'organisation et de la certification des bateaux. L'éco label Green Award pourrait en principe constituer un outil adapté pour soutenir en navigation intérieure les actions volontaires en faveur de la lutte contre le changement climatique. Concernant la lutte contre le changement climatique, l'impact de ce label pourrait être encore plus grand si le cahier des charges (critères déterminants pour l'obtention de la certification) contenait des éléments en ce sens, comme par exemple une classification des bateaux en fonction de leur consommation énergétique.

L'attrait des labels écologiques et par conséquent leur effet incitatif sur les propriétaires de bateaux pour qu'ils prennent des mesures en faveur de la protection de l'environnement et du climat se trouvent augmentés par une reconnaissance plus étendue de ces labels. Ceci plaide en faveur de la création d'un écolabel qui soit reconnu à l'échelle européenne ou du moins à l'échelle du bassin rhénan. Par contre, il n'est pas raisonnable de créer différents écolabels nationaux pour la navigation intérieure, car cela supposerait qu'il faille passer par plusieurs procédures de certification pour un même bateau. L'organisation qui délivre l'écolabel Green Award est intéressée par son extension à la navigation intérieure. Les écolabels Ange Bleu pour la navigation intérieure ont été remaniés en 2009 pour une meilleure prise en compte de la protection du climat. Sur cette base, il devrait être possible de réaliser avec des moyens adaptés un écolabel commun ou harmonisé pour la navigation intérieure pour les Etats membres de la CCNR, voire pour d'autres Etats.

13.3 Mesures de soutien sur la base d'obligations légales et de subventions

Il existe un grand nombre de mesures d'accompagnement de nature juridique et économique (CEE-ONU 2012). La directive 2009/33/CE constitue un exemple de la manière dont la protection du climat permet de justifier des mesures juridiques influant sur les décisions d'acquisition de véhicules, de véhicules routiers dans ce cas précis. Pour la navigation intérieure européenne, les mesures suivantes pourraient émaner d'obligations légales :

1. la taxation des carburants,
2. l'intégration de la navigation intérieure dans le système communautaire d'échange de quotas d'émission,
3. la classification ou la certification obligatoire des bateaux de la navigation intérieure en fonction de leur consommation de carburant et de leurs émissions de gaz à effet de serre,
4. les droits portuaires et de transit liés aux émissions.

Une analyse des mesures citées ci-avant n'est pas possible dans le cadre du présent rapport. Il serait cependant judicieux d'examiner de manière plus approfondie, outre la classification énergétique obligatoire des bateaux de la navigation intérieure, au moins la mise en œuvre de la mesure citée au point 4. Sur les voies navigables pour lesquelles un droit de transit est déjà perçu, il serait possible d'introduire cette mesure sans affecter les recettes, c'est-à-dire sans augmentation du coût global pour la navigation intérieure, et d'obtenir néanmoins un effet incitatif. Sur les voies navigables exemptes de droits de transit, en particulier sur le Rhin, l'introduction de droits de transit liés aux émissions devrait toutefois s'avérer difficile voire impossible, ne serait-ce que pour des raisons juridiques.

Ne sont pas non plus considérés dans le présent rapport les scénarios de subventions, que ce soit d'origine privée ou publique.

²⁴ www.greenaward.org/469-deutsch.html

13.4 Résumé

En conclusion, l'on peut constater d'une part que les mesures de soutien peuvent contribuer de manière déterminante à ce que les parties concernées mettent effectivement en œuvre les mesures portées à leur connaissance pour réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre et, d'autre part, que certaines de ces mesures sont déjà très avancées ou sont déjà appliquées. Pour atteindre une totale efficacité des mesures de soutien en navigation intérieure, il est essentiel :

- de mener à terme le développement des mesures de soutien non encore opérationnelles et, le cas échéant, d'adapter également à la navigation intérieure des mesures émanant d'autres secteurs,
- de permettre d'étendre à l'échelle européenne ou au moins de la navigation rhénane les mesures de soutien déjà appliquées au niveau national,
- d'établir, à l'instar de l'OMI des normes transparentes et acceptées par tous, auxquelles peuvent se référer toutes les parties concernées, y compris les services étatiques compétents, notamment dans le cadre de subventions directes ou indirectes.

Compte tenu des effets particulièrement positifs des mesures de soutien et du fait qu'elles puissent être mises en œuvre sur une base volontaire, il conviendrait que les travaux susmentionnés soient réalisés en priorité et si possible entamés dans les meilleurs délais. La nature des travaux exige une approche transversale et ce à plusieurs égards : ils doivent revêtir un caractère international, engager toutes les parties concernées et prendre en compte à la fois les aspects techniques et opérationnels. Les compétences politiques ou juridiques n'interviennent pas en liaison avec les mesures informatives ou basées sur le volontariat, ces mesures n'engageant ni les États ni les entreprises.

Il conviendrait néanmoins de ne pas surestimer l'effet des mesures de soutien mises en œuvre sur une base volontaire. Il ressort d'une étude actuelle (Csutora 2012) qu'une prise de conscience écologique ne suffit pas à elle seule pour réduire le bilan carbone. On peut en conclure que les informations et les mesures favorisant la prise de conscience ne sont pas suffisantes pour atteindre des objectifs ambitieux de réduction. Des incitations économiques fortes ou des exigences juridiques sont par conséquent nécessaires.

14. Avantages supplémentaires de la réduction des 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 émissions polluantes²⁵ s'en trouvent presque toujours réduites.
- Si la réduction des émissions de gaz à effet de serre résulte de l'utilisation de GNL ou de l'utilisation (indirecte) d'énergie électrique provenant de sources alternatives, les émissions polluantes s'en trouvent réduites de manière significative voire presque intégralement.
- 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.

²⁵ Par émissions polluantes on entend ici les substances qui nuisent à l'homme et à l'environnement, notamment les oxydes d'azote (NO_x) et les particules (PM), contrairement aux substances qui contribuent surtout au changement climatique.

Ces avantages multiples qui résultent de la mise en œuvre de mesures visant à réduire les émissions de gaz" à effet de serre devraient renforcer l'intérêt de la politique et de la profession de la navigation pour la protection du climat en navigation intérieure, même si la contribution possible de la navigation intérieure à la protection du climat peut paraître négligeable en termes de valeur absolue.

Différentes études placent les émissions spécifiques des polluants classiques, essentiellement les oxydes d'azote (NOx) et les particules (PM), de la navigation intérieure au même niveau que celles du rail, voire nettement au-dessus. Dans une certaine mesure, ceci s'applique aussi au transport routier (PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011).

Il est difficile de comparer le coût économique des émissions de polluants, ou, en d'autres termes, les dommages qui en résultent, et celui des émissions de gaz à effet de serre, notamment parce que ceci nécessiterait de monétiser les différentes émissions. Par conséquent, la comparaison ne dépend pas seulement de l'ampleur des émissions mais aussi du coût retenu pour une tonne d'une substance donnée émise. Si PLANCO (PLANCO 2007) situe le coût économique des émissions de polluants et de gaz à effet de serre imputables à la navigation intérieure à un niveau comparable, il est estimé dans d'autres études que le coût des émissions polluantes est environ sept fois supérieur.

En navigation intérieure, les émissions polluantes et celles de gaz à effet de serre ont la même origine, à savoir la combustion de gazole par les moteurs de propulsion des bateaux. Par conséquent, des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure par une réduction de la consommation de carburant présentent un double avantage : les émissions polluantes s'en trouvent également réduites.

Il va de soi qu'une réduction de la consommation de carburant présente aussi l'avantage supplémentaire d'une efficacité améliorée de l'utilisation des ressources, davantage de tonnes-kilomètres avec la même quantité de carburant. L'efficacité de l'utilisation des ressources est un objectif politique relativement récent (Commission 2011). Pour les entreprises, l'efficacité de l'utilisation des ressources constitue un moyen important pour maîtriser les coûts de carburant qui, selon les calculs du Secrétariat de la CCNR, représentent en navigation rhénane environ un quart du coût total d'exploitation d'un automoteur moderne. Au cours des dix dernières années, le coût du carburant pour les bateaux de la navigation rhénane a quasiment quadruplé²⁶. Ces coûts augmentent plus vite que d'autres et gagnent ainsi en importance, comme l'ont souligné des représentants de la profession de la navigation au cours de l'audition de la CCNR consacrée au présent rapport le 6 mars 2012.

En cours de voyage, les bateaux produisent inévitablement des vagues, des courants et des effets de succion dans la masse d'eau environnante. Plus le pied de pilote du bateau et la largeur de la voie navigable sont faibles par rapport à la largeur du bateau, plus les effets négatifs des vagues et des courants sur l'écosystème de la voie navigable et sur le lit du fleuve sont importants. Parmi les mesures particulièrement efficaces pour réduire ces effets négatifs, on peut mentionner la réduction de la puissance utilisée par le bateau et la réduction de sa vitesse (Söhnngen, Knight et al. 2008).

Les deux se traduisent fondamentalement par une réduction de la consommation de carburant. Bien que la présentation ci-avant ne reflète que de manière très simplifiée les situations effectives complexes, elle montre néanmoins que de telles mesures pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre qui sont basées sur une réduction de la consommation de carburant peuvent contribuer à réduire aussi les effets négatifs des bateaux de la navigation intérieure sur les écosystèmes ainsi que sur le lit et les berges des voies navigables. Cette diminution réduit à son tour les coûts pour l'entretien des voies navigables.

²⁶ www.rhinecontainer.com/de/gasolpreise/?area=

Ces avantages multiples de la réduction de la consommation de carburant ont des implications significatives sur le plan politique :

- Pour limiter le changement climatique, pour améliorer la qualité de l'air, pour optimiser l'utilisation des ressources et pour réduire les possibles conséquences négatives sur les voies navigables parcourues, il conviendrait de promouvoir de manière générale les mesures qui permettent de réduire la consommation de carburant des bateaux, les avantages de ces mesures étant multiples. A titre d'exemple peut être mentionné un dispositif appelé "Tempomaat", un appareil assisté par ordinateur qui aide le conducteur à choisir la vitesse optimale. L'utilisation de cet appareil permet de réduire la consommation de carburant et par conséquent les émissions de polluants et de gaz à effet de serre s'en trouvent réduites. Sur les voies navigables de faible largeur, l'appareil propose une vitesse moins élevée, ce qui se traduit par une réduction de la formation de vagues et des courants provoqués par le bateau. Les coûts d'exploitation diminuent également et la navigation intérieure peut proposer à ses usagers des transports moins onéreux.
- Il conviendrait en revanche d'éviter si possible les mesures qui ne permettent d'atteindre que l'un des objectifs susmentionnés voire dont la mise en œuvre se ferait au détriment d'un autre objectif. A titre d'exemple peut être mentionnée l'utilisation de certains biocarburants qui sont susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais dont la combustion présente un bilan d'émissions défavorable et qui ne contribuent pas à réduire les coûts.

Les indications ci-avant reflètent de manière très simplifiée une situation complexe. Elles montrent néanmoins que la réduction des émissions de gaz à effet de serre imputables à la navigation intérieure peut présenter des avantages supplémentaires dont l'importance pour la société est supérieure à celle des objectifs d'origine. Pour la politique et l'administration, ceci devrait justifier un examen de la réduction des émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure qui soit plus approfondi qu'il ne le serait sur la base de la faible incidence absolue de la navigation intérieure sur le changement climatique. Pour la profession de la navigation, ceci devrait montrer que la réduction de la consommation de carburant contribue non seulement à contrôler les coûts mais devrait être au centre de tous les efforts visant à promouvoir une navigation intérieure respectueuse de l'environnement.

La Commission européenne a proposé d'incorporer aussi dans le nouveau programme européen pour la promotion de la navigation intérieure, appelé NAIADES II, des mesures visant à réduire les émissions polluantes (UE 2012). Celles-ci comprennent notamment l'évolution des réglementations visant à limiter les émissions polluantes, en particulier de la directive 97/68/CE²⁷. Parallèlement sont proposées aussi les mesures suivantes (Panteia, PLANCO et al. 2012) :

1. Promotion de l'utilisation de GNL en tant que carburant de la navigation intérieure ;
2. Promotion ou obligation de l'utilisation de systèmes d'aide à la décision (Tempomaat, économètre) ;
3. Promotion de droits portuaires ou de droits de transit liés aux émissions ;
4. Information et aide à la prise de conscience pour la détermination de la vitesse de navigation optimale (Smart Steaming) ;
5. Promotion durable d'un label environnemental (Green Award) ;
6. Elaboration d'une classification ou d'une certification des bateaux de la navigation intérieure en fonction de leurs caractéristiques environnementales à l'instar de l'EEDI en navigation maritime ;
7. Campagne d'accompagnement pour le choix de moteurs de propulsion appropriés, c'est-à-dire non surdimensionnés.

²⁷ Directive 97/68/CE, du 16 décembre 1997, du Parlement européen et du Conseil sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers.

Ces mesures supplémentaires visent essentiellement à réduire la consommation de carburant – et par conséquent les émissions polluantes – ou à utiliser le GNL en tant que carburant respectueux de l'environnement. La mise en œuvre de ces mesures permettrait ainsi également de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure. Il est par conséquent justifié que ces mesures soient abordées dans le présent rapport en liaison avec ce dernier aspect. Si ces mesures sont mises en œuvre dans le cadre de NAIADES, il ne sera pas nécessaire de poursuivre leur examen dans le cadre des travaux complémentaires relatifs à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre énumérés dans la section 17 du présent rapport. Si ces mesures ne devaient pas être prises en compte dans le cadre de NAIADES elles pourront être traitées comme proposé dans la section 17.

15. 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 d'une part l'exploitation des bateaux, leur construction et leurs équipements. Il existe d'autre part une catégorie importante de mesures dont l'objectif est de "décarboner" le carburant, c'est-à-dire à utiliser des carburants induisant de plus faibles émissions de CO₂. La mise en œuvre étendue de la 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 navigation. Les mesures qui relèvent de la deuxième catégorie 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 aussi en cas de hausse de la prestation de transport et qu'elles pourraient baisser d'environ deux tiers 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 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 du volume absolu des gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure en cas de hausse simultanée et continue des prestations de transport de marchandises sera possible lorsque seront utilisés aussi à grande échelle, outre le GNL, des biocarburants et des carburants produits au moyen d'énergies renouvelables.

Ces conclusions doivent être considérées comme étant provisoires, dans la mesure où les scénarios et le modèle de calcul utilisé nécessitent une validation. Celle-ci devrait être possible dans le cadre de la CCNR et des organisations professionnelles avec lesquelles elle coopère. Ensuite, le modèle économie et administration pourrait être très utile par exemple pour l'élaboration de stratégies et dans le cadre de la recherche de décisions sur le plan politique.

L'annexe 12 comporte une présentation détaillée du modèle de calcul et des scénarios.

16. Coûts et obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

Des décisions fondées en matière de mesures de réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre nécessitent une connaissance suffisante des coûts y afférents. Étonnamment, à l'heure actuelle, certaines des mesures énoncées dans le présent rapport qui contribuent à une réduction des coûts sont peu appliquées en navigation intérieure. C'est pourquoi sont abordés ci-après les coûts et les obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre.

16.1 Coûts liés à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

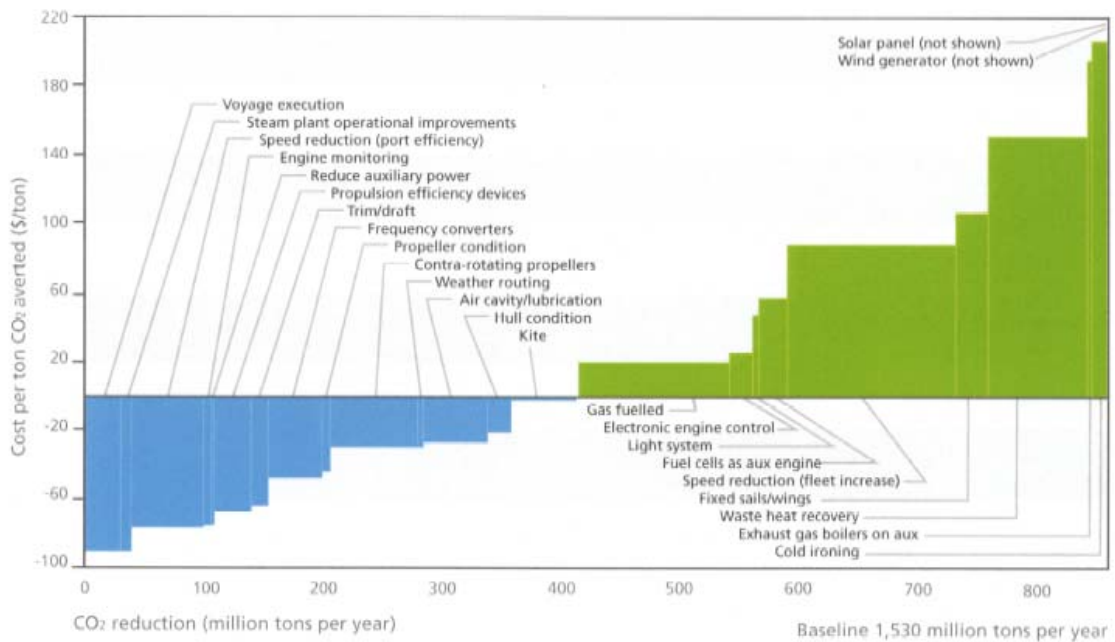
Les différentes mesures techniques ou opérationnelles destinées à réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet impliquent des coûts variables. Les investissements en faveur de mesures portant sur des améliorations techniques augmentent les coûts de la navigation intérieure s'ils ne sont pas compensés par une baisse des coûts d'exploitation. Les mesures en faveur d'une optimisation de l'exploitation des bateaux se traduisent généralement par des économies, c'est à dire par des valeurs négatives.

Les différentes mesures présentent également des potentiels de réduction variables. Les mesures qui contribuent à réduire la puissance requise pour la propulsion principale des bateaux présentent un potentiel de réduction nettement supérieur aux mesures qui portent uniquement sur la puissance requise pour des fonctions auxiliaires. Ainsi, par exemple, le potentiel de réduction du Smart Steaming est nettement supérieur à celui de la récupération de chaleur à des fins de chauffage.

Les courbes de réduction des coûts marginaux (Marginal Abatement Cost Curve - MACC) sont utilisées pour représenter sous forme de graphiques les relations évoquées ci-avant entre les coûts et les potentiels de réduction des différentes mesures. Généralement, une courbe MACC représente les réductions de coûts correspondant aux options de réduction d'émissions de polluants et de gaz à effet de serre. Les MACC peuvent couvrir tous les secteurs de l'économie de manière globale ou ne représenter que les options pour un secteur de l'économie. En raison de la représentation synthétique des coûts en fonction des potentiels de réductions, les MACC présentent un intérêt surtout pour appuyer les processus de décisions politiques. Elles montrent de manière concise, les réductions possibles et leur coût associé, ainsi que les politiques à mener prioritairement pour aboutir à une réduction des émissions.

Plusieurs MACC ont été mises au point (CE) pour la navigation maritime. **La Figure 7** présente une MACC, qui repose sur une modélisation de la croissance prévisionnelle quantitative et qualitative de la flotte marchande mondiale jusqu'en 2030 et l'application de 25 options différentes de limitation de CO₂ (FIS). Les mesures mentionnées sur le côté gauche de l'illustration induisent une diminution et celles mentionnées sur le côté droit induisent une augmentation du coût du cycle de vie, principalement pour les investissements et les coûts de carburant des bateaux. En revanche, il n'existe pas de MACC pour la navigation intérieure. Les MACC utilisées pour la navigation maritime ne peuvent pas être utilisées en l'état pour la navigation intérieure, notamment en raison des différences sur le plan des conditions d'exploitation et des coûts de carburant. Néanmoins une telle courbe pour la navigation intérieure serait probablement très similaire, un grand nombre des mesures mentionnées pouvant également être appliquées à la navigation intérieure.

Figure 7: Coûts marginaux moyens de la limitation de CO₂ par option – flotte marchande mondiale en 2030 (Alvik, Eide et al. 2010)²⁸



Le rapport coût/efficacité des mesures de limitation est relativement clair pour les propriétaires de bateaux ou les entreprises concernées. L'efficacité résulte de l'économie de carburant (coût négatif) et les coûts (dépenses) résultent essentiellement d'investissements supplémentaires. Les rapports entre les deux sont un peu plus compliqués si on les considère sous l'angle sociétal. Pour la société, les quantités de carburant économisées se traduisent non seulement par une réduction des émissions de gaz à effet de serre, telles que représentées par les MACC, mais aussi par une diminution des émissions de polluants, en particulier des particules et du NO_x. Cette utilité sociale complémentaire est même beaucoup plus grande que celle liée à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, compte tenu des coûts externes liés aux différentes émissions. Ce qui ne représente pour les entreprises qu'une simple réduction de la consommation de carburant, présente ainsi de multiples avantages pour la société. Si les MACC établies pour la navigation maritime étaient analysées à travers le prisme de la société en fonction de la réduction des émissions de polluants, le point zéro des coûts se déplacerait vers la droite ; certaines des mesures qui induisent des dépenses supplémentaires pour les entreprises génèrent des économies du point de vue de la société.

²⁸ "Comment lire les courbes de réduction?"

Les courbes de réduction représentées sur l'illustration n° 7 résument les possibilités techniques et opérationnelles pour réduire les émissions de la flotte marchande mondiale en 2030. La largeur de chaque barre représente le potentiel de cette mesure pour réduire les émissions de CO₂ de la flotte marchande mondiale par rapport à un scénario de référence.

La hauteur de chaque barre représente le coût marginal moyen pour une tonne d'émissions de CO₂ évitée grâce à cette mesure, en supposant que toutes les mesures figurant sur la gauche sont déjà appliquées. Les coûts marginaux montrés sur l'illustration n° 1 représentent le coût marginal moyen pour tous les types de bateaux. Le graphique est organisé de gauche à droite selon l'augmentation du coût par tonne de CO₂ évitée. L'effet des mesures restantes diminue au fur et à mesure qu'une mesure est mise en œuvre, et que les mesures les plus rentables ont été mises en œuvre en premier. A l'endroit où les barres croisent l'axe x, démarrent les mesures qui génèrent une charge nette au lieu d'une réduction du coût net. Les coûts futurs du carbone ne figurent pas sur l'illustration, mais ils devraient en principe, améliorer le rapport coût-efficacité des mesures".

La courbe MACC dans **la Figure 7** tient compte, en tant que mesure possible, de l'utilisation de gaz naturel liquéfié (GNL) et lui attribue des coûts marginaux positifs.

Il ressort des travaux actuels sur l'autorisation d'utiliser le GNL en navigation rhénane que l'utilisation de GNL en tant que carburant pour les bateaux très performants de la navigation intérieure, exploités 24 heures sur 24, réduirait probablement leurs dépenses. En revanche, du moins actuellement, pour les plus petits bateaux effectuant des voyages de jour, les dépenses d'investissement pour l'installation d'un système GNL à bord reviendraient plus chères que les éventuelles économies de carburant. Dans une situation de ce type se pose la question de sa prise en compte dans une MACC : Faut-il seulement y représenter les situations entraînant une réduction des coûts et qui au total ne représentent qu'un potentiel de réduction d'émissions limité ou tous les cas de figure qui, dans leur globalité, génèrent alors des coûts marginaux positifs ? Dans l'exemple, la MACC ne montre pas l'utilité susmentionnée liée à l'utilisation de GNL pour réduire la pollution atmosphérique et ne prend pas non plus en compte le délai requis pour une reconversion de la flotte afin d'atteindre l'utilité souhaitée.

Les indications ci-avant montrent que les MACC peuvent inciter à sous-estimer des situations qui sont plus compliquées qu'elles ne le paraissent. Par conséquent, dans le contexte de grande importance qu'ont pris les MACC au cours des dernières années, elles ont fait l'objet d'un examen critique et détaillé. Il convient en particulier de retenir de ces études que les modèles et scénarios sur lesquels sont basés les MACC doivent être élaborés de manière claire, afin que les utilisateurs d'une MACC ne soient pas incités à faire de mauvais choix. Par ailleurs, les MACC, malgré leur importance, ne peuvent constituer qu'un outil parmi d'autres pour analyser les options connues de réductions d'émissions. Des informations complémentaires sur les incertitudes liées aux mesures prises et sur les délais de mise en œuvre des options retenues sont également nécessaires, de même que sur l'interdépendance des différentes options. (Elkins, Kesicki et al. 2011; Vogt-Schilb and Hallegatte 2011).

Il conviendrait de prendre en considération les remarques susmentionnées pour l'élaboration et l'utilisation d'une MACC pour la navigation intérieure. Traduire les mesures de réduction en navigation intérieure est comparativement simple car le nombre de mesures concrètes et pertinentes est limité et leur mise en œuvre est certainement moins complexe qu'en navigation maritime, par exemple. En d'autres termes, les modèles et scénarios qui serviraient de base pour une MACC destinée à la navigation intérieure seraient relativement intelligibles. Il conviendrait bien entendu que les suppositions retenues à cet effet soient rendues transparentes. Les enseignements acquis lors de l'élaboration de MACC pour la navigation maritime (Faber, Behrends et al. 2011) devraient faciliter les travaux correspondants pour la navigation intérieure (CE).

Il apparaît clairement, malgré les remarques critiques formulées, que la réalisation de MACC sur la base de modèles et de scénarios concernant les émissions de gaz à effet de serre pour la navigation intérieure, serait utile à bien des égards, tant pour les entreprises que pour les décideurs politiques. A cet effet, les importants travaux préparatoires réalisés pour les différentes MACC de la navigation maritime et les réflexions menées dans les sections précédentes du présent rapport contribueraient à faciliter la tâche.

16.2 Obstacles à la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre

Alors qu'il existe différentes options ou mesures en faveur de la réduction de la consommation de carburant ou d'émissions de gaz à effet de serre induisant des économies, elle ne sont reprises que de manière limitée par le secteur de la navigation intérieure. Ainsi, la mise en œuvre de ces mesures se heurte à des obstacles. Il existe des études (CE) qui identifient ces obstacles pour la navigation maritime. Ci-après sont évoqués les différents obstacles qui peuvent se présenter pour la navigation intérieure et des propositions de solutions pour les surmonter.

Obstacles technologiques

Beaucoup de parties concernées, en particulier les propriétaires de bateau ne connaissent pas toutes les technologies pertinentes. La diffusion limitée des technologies est liée à la structure de la navigation intérieure européenne. Le marché de la navigation intérieure est très morcelé, bien que la navigation intérieure avec une importante quote-part au transport international soit orientée vers l'international. Ce morcellement résulte essentiellement des petites structures de propriétaires qui détiennent la flotte de la navigation intérieure.

Il en va de même pour la construction navale et l'industrie d'équipement des bateaux qui présente des caractéristiques similaires. Des barrières linguistiques au sein de la navigation intérieure européenne se superposent à ce morcellement. Les technologies sont développées et mises en œuvre dans un territoire linguistique donné et sont largement méconnues dans les autres territoires linguistiques.

Lorsqu'une technologie est mise au point, les informations y afférentes sont mises à disposition par les fournisseurs ; en revanche il manque souvent des informations sur leur utilité dans l'exploitation des bateaux en provenance de sources indépendantes considérées comme fiables. Ainsi, en raison de ce manque d'informations, les propriétaires de bateaux et les institutions financières pourraient surévaluer le risque encouru.

Il est évident que, dans de nombreux cas, les obstacles technologiques pourraient être surmontés grâce à une plus grande transparence. Celle-ci pourrait être atteinte par la mise à disposition d'informations pertinentes en quelques endroits centraux et en plusieurs langues ainsi que par un échange ciblé des enseignements acquis. Il serait par ailleurs souhaitable que l'utilité de ces technologies dans l'exploitation des bateaux fasse l'objet d'une validation par des sources indépendantes des fabricants, notamment par des évaluations de la part des usagers ou bureaux de contrôle indépendants.

Obstacles institutionnels

Les obstacles institutionnels surviennent, lorsque celui qui supporte les investissements pour limiter la consommation de carburant, ou celui qui propose les investissements n'en retire aucun avantage, voire se heurte à des inconvénients. Les chantiers navals qui proposent des technologies limitant la consommation de carburant pourraient avoir des craintes pour leurs contrats futurs car leurs bateaux sont plus chers que ceux de leurs concurrents qui ne proposent pas ces nouvelles technologies et risquent ainsi de se vendre plus difficilement. Les propriétaires de bateaux qui investissent dans les technologies limitant la consommation de carburant vont connaître une diminution de leurs recettes s'ils doivent faire bénéficier leurs clients des économies de carburant, leurs dépenses d'investissement plus élevées n'étant pas valorisées par les chargeurs. Les conducteurs de bateaux salariés ne vont sans doute pas faire montre d'un grand intérêt pour s'approprier un mode de conduite écologique, d'une part, parce qu'il exige une plus grande attention de leur part et qu'il peut éventuellement se traduire par un temps de voyage plus long, d'autre part parce que ce mode de conduite écologique profite aux propriétaires de bateaux. Les ports et les administrations des voies navigables effectuent des investissements pour soutenir une navigation économe en carburant, mais ne peuvent pas directement agir sur les conducteurs de bateaux pour les faire adhérer aux nouvelles possibilités mises en place par leur soin pour réduire la consommation de carburant.

Les obstacles institutionnels peuvent également être surmontés, mais pas aussi facilement que d'autres, comme le montrent les deux exemples ci-après. Si les bateaux de navigation intérieure étaient classés selon leur efficacité énergétique à l'instar des véhicules individuels ou des habitations, le prix de revente des bateaux munis de technologies limitant la consommation de carburant augmenterait et le propriétaire du bateau récupérerait ainsi au moins une partie de son investissement. Si les conducteurs de bateaux qui sont salariés percevaient des primes liées aux économies de carburant réalisées, ils seraient motivés pour adopter un mode de conduite écologique.

Obstacles financiers

Les obstacles financiers entravent la mise à disposition de moyens financiers pour investir dans des technologies permettant d'économiser du carburant. Les décisionnaires, les propriétaires de bateau et les institutions financières sous-évaluent sans doute les futures dépenses de carburant et ne tiennent pas suffisamment compte de leur nette évolution à la hausse sur toute la durée de vie du bateau, rendant de ce fait les investissements pour réduire la consommation de carburant plus rentables. L'on pourrait faire le même type d'observations pour les gestionnaires de voies navigables et de ports.

En conclusion, force est de constater qu'il existe effectivement d'importants obstacles qui freinent la mise en œuvre de mesures destinées à réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. De la même manière, il existe des solutions pour surmonter ces obstacles. Il paraît nécessaire que les parties concernées se rencontrent, identifient les obstacles et étudient des mécanismes pour les franchir.

La plupart des obstacles devraient être levés sans trop d'efforts car une grande partie d'entre eux, ainsi que les éventuelles solutions, sont connus. Seuls les obstacles institutionnels semblent nécessiter le déploiement de grands efforts.

17. Propositions pour la suite des travaux

Cette section résume les points évoqués dans le présent rapport qu'il conviendrait de traiter dans le cadre de travaux plus étendus, les complète par des propositions concrètes concernant la manière de procéder et les assortit d'une appréciation. La CCNR - compte tenu notamment de ses ressources actuellement très limitées - ne pourra appuyer activement qu'un faible nombre de ces travaux. 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,
- 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 figurent également ci-après des travaux auxquels la CCNR ne devrait pas participer ou auxquels elle ne participera que de manière marginale.

Dans le cadre de l'évaluation est également estimée sommairement la charge de travail qui résultera des travaux proposés pour les parties concernées. Cette charge sera définie par les catégories faible, moyenne et forte. Une faible charge de travail signifie que quelques personnes seulement participeront aux travaux et qu'un faible nombre de jours sera nécessaire pour la réalisation des travaux. Une charge de travail élevée signifie que des modifications complexes de règlements ou des travaux comparables seront nécessaires.

Les travaux proposés n'impliquent pas d'investissements significatifs. Les mesures réglementaires proposées n'impliqueront pas non plus une nécessité absolue de réaliser des investissements. Au contraire, les mesures proposées offrent aux propriétaires de bateaux des choix encore inexistantes actuellement. Ces travaux pourraient même contribuer à une réduction des coûts au bénéfice de la profession de la navigation.

Les propositions ci-après peuvent être exploitées de différentes manières. Elles peuvent

- tenir lieu de base pour les discussions entre les parties concernées, notamment la profession de la navigation et l'industrie de la construction navale,
- être utilisées pour l'élaboration d'une stratégie de la CCNR relative aux possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure,
- constituer des éléments du programme de travail de la CCNR.

17.1 Propositions de travaux ultérieurs susceptibles d'être coordonnés par la CCNR

A. Rapport complémentaire concernant la navigation à passagers

Contenu	Complément au présent rapport pour la prise en compte des spécificités de la navigation à passagers
Utilité	Etablissement d'une base pour l'information de toutes les parties concernées et pour les travaux ultérieurs
Charge de travail	Charge de travail moyenne, car il ne s'agit que de compléter le présent rapport
Risques	Imprécision des estimations nécessaires ; éventuellement, données non communiquées par la profession de la navigation
Procédure	Préparation par le Secrétariat, finalisation en coopération avec la profession de la navigation
Coordinateur approprié	CCNR (Secrétariat)
Partenaires éventuels	UENF, OEB (entreprises de la profession de la navigation), CESA

B. Rapport complémentaire concernant la navigation rhénane

Contenu	Présentation des particularités de la navigation rhénane en ce qui concerne la réduction de la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre
Utilité	Création d'une base pour une information ciblée de la CCNR et de ses délégations
Charge de travail	Charge de travail moyenne, car il ne s'agit que de compléter le présent rapport sans recherche de données supplémentaires
Risques	Aucun
Procédure	Réalisation par la CCNR (Secrétariat)

C. Détermination du bilan carbone de la navigation intérieure

Contenu	Détermination des émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane et de la navigation intérieure européenne, à la fois absolue et par rapport à la prestation de transport (tkm)
Utilité	Elaboration d'une base concertée pour de nombreux travaux et, ainsi, réduction des incertitudes, notamment en ce qui concerne <ul style="list-style-type: none"> - les objectifs politiques, - les calculateurs d'émissions, - les indications fournies délibérément ou obligatoirement par la profession de la navigation concernant ses émissions de gaz à effet de serre, - l'obligation faite aux Etats de faire rapport conformément au Protocole de Kyoto, vérification de l'image "respectueuse de l'environnement" de la navigation intérieure
Charge de travail	Charge de travail moyenne, la méthodique étant connue et relativement simple et en raison de données statistiques déjà disponibles de l'observation du marché
Risques	Imprécision des estimations nécessaires ; éventuellement, données non communiquées par la profession de la navigation concernant les consommations effectives de carburant
Procédure	Préparation par le Secrétariat, finalisation en coopération avec la profession de la navigation
Coordinateur approprié	CCNR (Secrétariat)
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB (entreprises de la profession de la navigation), VBW, INE

D. Détermination de la consommation de carburant par l'exploitation de données résultant de la Convention relative à la collecte, au dépôt et à la réception de déchets en navigation intérieure

Contenu	Par le biais de données issues de la CDNI, détermination de la consommation de carburant des bateaux de la navigation intérieure, tant absolue que, si possible, par rapport à la prestation de transport (tkm)
Utilité	La connaissance précise de la consommation de carburant des bateaux permet de déterminer les émissions absolues de polluants et de gaz à effet de serre de la navigation intérieure ainsi que de déterminer des facteurs d'émissions.
Charge de travail	Charge de travail relativement faible, la méthodique étant probablement simple en ce qui concerne la consommation de carburant ; charge de travail moyenne pour le rapport avec la prestation de transport
Risques	Imprécisions en raison de problèmes de délimitation et en raison des estimations éventuellement nécessaires ; le cas échéant, impossibilité d'établir le lien avec la prestation de transport
Procédure	Préparation par le Secrétariat de la CCNR, finalisation au moyen d'instruments / d'organes de la CDNI et éventuellement en coopération avec la profession de la navigation
Coordinateur approprié	CCNR (Secrétariat)
Partenaires éventuels	Organes de la CDNI, UENF, OEB (entreprises de la profession de la navigation)

E. Adaptation des prescriptions techniques applicables aux bateaux de la navigation intérieure dans la perspective de l'autorisation de sources d'énergie alternatives (carburants)

Contenu	Adaptation des prescriptions techniques applicables aux bateaux de la navigation intérieure dans la perspective de l'autorisation de sources d'énergie alternatives (carburants)
Utilité	Autorisation d'utiliser des sources d'énergie (carburants) autres que le gazole par les entreprises de la navigation
Charge de travail	Charge de travail élevée en raison de modifications importantes des prescriptions techniques applicables aux bateaux de la navigation intérieure
Risques	Certaines sources d'énergie alternatives (GNL, hydrogène) présentent un danger potentiel plus élevé que le diesel (gazole)
Procédure	En s'appuyant sur la stratégie pour les carburants, élaboration de propositions en vue de la modification du RVBR et de la directive 2006/87/CE ; formulation de recommandations pour des essais / dérogations, dans un premier temps, modification des prescriptions concernant les installations électriques, y compris les systèmes de propulsion, puis autorisation du GNL, etc.
Coordinateur approprié	CCNR (Groupe de travail du règlement de visite)
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, CESA, Euromot

F. Examen général de l'introduction obligatoire de l'indice de rendement énergétique de la conception (Energy Efficiency Design Index - EEDI) pour la navigation intérieure

Contenu	Examen général de l'introduction obligatoire de l'indice de rendement énergétique de la conception (Energy Efficiency Design Index - EEDI) pour la navigation intérieure ou d'une autre classification énergétique
Utilité	Base obligatoire pour la vérification de l'efficacité énergétique de la conception d'un nouveau bateau ; offre une référence aux propriétaires de bateaux
Charge de travail	L'indice de rendement énergétique de la conception (EEDI) est déjà développé en tant que "CO ₂ -Design-Index" pour la navigation maritime et a été adopté en juillet de cette année par l'OMI en tant que mesure obligatoire pour la réduction des émissions de CO ₂ de la navigation maritime ; il pourrait en principe être utilisé aussi en navigation intérieure ; charge de travail faible car uniquement vérification si l'indice est approprié
Risques	Pas de risque car vérification préalable de l'utilité
Procédure	Audition des sociétés de classification qui ont fortement contribué à l'élaboration de l'Index et qui l'utilisent, chantiers navals et propriétaires de bateaux ; puis élaboration d'une proposition en vue d'une décision de principe et pour les suites à donner (Introduction d'une classification après une éventuelle décision positive)
Coordinateur approprié	CCNR (Groupe de travail du règlement de visite)
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, CESA,

G. 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

Contenu	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
Utilité	Base fiable permettant de déterminer si un bateau est exploité de manière rentable sur le plan énergétique ; offre une référence aux propriétaires de bateaux
Charge de travail	L'indice opérationnel de rendement énergétique a été développé pour la navigation maritime et des directives provisoires ont été adoptées à cet effet par l'OMI ; il pourrait en principe être utilisé aussi en navigation intérieure ; charge de travail faible car seulement vérification si l'indice est approprié
Risques	Pas de risque car vérification préalable de l'utilité
Procédure	Audition des sociétés de classification qui ont fortement contribué à l'élaboration de Index et qui l'utilisent, chantiers navals et propriétaires de bateaux ; puis élaboration d'une proposition en vue d'une décision de principe et pour les suites à donner (Introduction d'un standard après une éventuelle décision positive)
Coordinateur approprié	CCNR (Groupe de travail du règlement de visite)
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, IACS, CESA,

H. 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 gaz à effet de serre des bateaux de la navigation intérieure

Contenu	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 ₂ des bateaux de la navigation intérieure
Utilité	Outre les mesures déjà mentionnées, d'autres mesures sont connues ou envisageables, dont des mesures qui visent non seulement à réduire les émissions de gaz à effet de serre mais aussi celles d'autres polluants, ce qui constitue un objectif important de la CCNR
Charge de travail	Charge de travail tout au plus moyenne, en fonction du nombre des mesures à examiner et parce qu'il ne s'agit que d'un examen général
Risques	Pas de risques significatifs
Procédure	Présélection par le Secrétariat de la CCNR, élaboration avec les associations économiques concernées
Coordinateur approprié	CCNR (Groupe de travail du règlement de visite)
Partenaires éventuels	UENF, OEB, CESA, Euromot, IACS

I. Elaboration de scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

Contenu	Elaboration de scénarios concernant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure
Utilité	Les scénarios constituent un outil précieux pour la détermination d'objectifs de protection du climat, de stratégies, par exemple pour les carburants utilisés à l'avenir par les bateaux de la navigation intérieure et de programmes pour une navigation intérieure respectueuse du climat.
Charge de travail	En fonction du niveau de détail et du nombre des scénarios ; Charge de travail relativement faible si le modèle de calcul disponible est utilisé ou n'est que légèrement étendu
Risques	Imprécision des estimations nécessaires
Procédure	Préparation par le Secrétariat, finalisation en coopération avec la profession de la navigation
Coordinateur approprié	CCNR (Secrétariat)
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB (entreprises de la profession de la navigation), CESA, INE

J. Mise à disposition d'informations pertinentes pour le secteur de la navigation intérieure

Contenu	Mise à disposition sous une forme facile à consulter d'informations utiles relatives aux principaux aspects des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure et à leur réduction
Utilité	Suppression de l'une des principales entraves qui empêchent la mise en œuvre de mesures par la profession de la navigation et par d'autres acteurs
Charge de travail	Faible charge de travail compte tenu des importants travaux préliminaires déjà réalisés
Risques	Acceptation insuffisante des instruments d'information
Procédure	Publication d'une brochure en plusieurs langues ; création d'un site Internet en plusieurs langues en tant que plate-forme d'information ; création d'une banque de données en plusieurs langues fournissant aux usagers des informations sur les possibilités techniques et opérationnelles de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre
Coordinateur approprié	CCNR (Secrétariat)
Partenaires éventuels	UENF, OEB, CESA, Euromot, IACS, INE, Commission européenne

17.2 Propositions de travaux ultérieurs coordonnés par la CCNR ou par d'autres institutions

K. Détermination d'objectifs quantitatifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure

Contenu	Détermination d'objectifs quantitatifs pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure
Utilité	Orientation des processus politiques, économiques, techniques et autres ; établissement d'une base concertée pour un grand nombre de travaux et donc limitation des incertitudes ; contribution à la préservation de l'image "respectueuse de l'environnement" de la navigation intérieure
Charge de travail	Charge de travail relativement faible compte tenu des nombreux travaux préparatoires réalisés (OCDE, Commission européenne, INE, UENF/OEB, rapport disponible)
Risques	Connaissance incomplète des émissions actuelles, des possibilités de réduire les émissions et du développement économique général ; objectifs nationaux divergents
Procédure	Vérification et concrétisation de l'objectif de la Commission européenne et de la profession de la navigation ; élaboration d'une proposition commune
Coordinateur approprié	CCNR ou Commission européenne
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, INE

L. Elaboration d'une stratégie internationale et couvrant plusieurs modes de transport pour les futures sources d'énergie (carburants) ou, en guise d'alternative, d'une stratégie concernant les carburants de la navigation intérieure

Contenu	Elaboration d'une stratégie pour les futures sources d'énergie (carburants de la navigation intérieure) dans la perspective de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de garantir l'approvisionnement
Utilité	Orientation des processus économiques, techniques et autres ; établissement d'une base concertée pour d'autres travaux tels que les prescriptions techniques pour les bateaux de la navigation intérieure et donc limitation des incertitudes ; contribution à la préservation de l'image "respectueuse de l'environnement" de la navigation intérieure
Charge de travail	Charge de travail relativement faible compte tenu des nombreux travaux préparatoires réalisés (Commission européenne, Associations de l'industrie, rapport disponible)
Risques	Connaissances limitées de l'évolution des marchés à moyen et long terme et du développement économique global, possibilité d'objectifs nationaux divergents
Procédure	Examen de la stratégie annoncée par la Commission européenne, lorsqu'elle sera disponible, et de celle des États et, le cas échéant, adaptation aux besoins de la navigation intérieure
Coordinateur approprié	Commission européenne ou CCNR en guise d'alternative
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, CESA, Euromot, CONCAWE/EUROPIA, INE

M. Introduction à l'échelle européenne d'un label environnemental uniforme pour la navigation intérieure

Contenu	Introduction à l'échelle européenne d'un label environnemental uniforme pour la navigation intérieure, identique ou similaire à la "Green Award" introduite aux Pays-Bas
Utilité	Encouragement à la prise de mesures par la profession de la navigation pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la protection de l'environnement
Charge de travail	Faible charge de travail pour l'élaboration du label environnemental, compte tenu des importants travaux préparatoires déjà réalisés et des enseignements acquis ; faible contrainte pour les différents usagers ; charge de travail importante pour une introduction étendue, compte tenu du grand nombre d'acteurs potentiellement concernés
Risques	Faible degré d'acceptation par les services susceptibles de prendre en compte ce label pour le traitement réservé aux bateaux, tels que les ports, chargeurs, instituts de financement
Procédure	En principe, reprise du système Green Award néerlandais par les institutions compétentes d'autres États et création d'un système international Possibilité d'une standardisation internationale (critères d'appréciation, etc.) par la CCNR
Coordinateur approprié	INE, VBW, (CCNR, si aucune autre institution ne souhaite intervenir)
Partenaires éventuels	UENF, OEB, EFIP, administrations des voies navigables

N. Appui pour l'introduction à l'échelle européenne d'un programme de soutien pour une exploitation économe en énergie de bateaux de la navigation intérieure (Smart Steaming)

Contenu	Introduction à l'échelle européenne d'un programme de soutien pour une exploitation économe en énergie de bateaux de la navigation intérieure, identique ou similaire au programme néerlandais Smart Steaming
Utilité	Promotion de l'exploitation économe en énergie des bateaux de la navigation intérieure en tant qu'élément central pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre et pour la protection de l'environnement
Charge de travail	Charge de travail moyenne pour l'élaboration du programme, compte tenu de l'existence de travaux préparatoire et d'enseignements conséquents, mais association de différentes mesures ; faibles contraintes pour l'utilisateur mais charge de travail élevée pour l'introduction sur le plan national
Risques	Faible degré d'acceptation par la profession de la navigation ; les enseignements tirés aux Pays-Bas laissent toutefois présager un bon degré d'acceptation
Procédure	En principe, reprise du programme néerlandais par les institutions compétentes d'autres États ou élaboration d'un programme international Possibilité d'un échange d'informations et d'enseignements pour les organes nationaux par l'intermédiaire de la CCNR
Coordinateur approprié	États, INE (à défaut, CCNR – si un programme international est souhaité)
Partenaires éventuels	UENF, OEB, administrations nationales

17.3 Propositions concernant des travaux ultérieurs, sans ou avec une faible participation de la CCNR

O. 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

Contenu	Elaboration de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure qui ne concernent pas la construction, l'équipement, et l'exploitation des bateaux
Utilité	Réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'intégralité du système
Charge de travail	Charge de travail moyenne à élevée, selon le degré de détail
Risques	Possibilité réduite de généralisation des mesures proposées et/ou de la présentation des potentiels de réduction
Procédure	Extension du mandat du groupe existant de l'AIPCN "Permanent Task Group on Climate Change"
Coordinateur approprié	AIPCN
Partenaires éventuels	EFIP, UENF, OEB, VBW, administrations des voies navigables

P. Elaboration d'une de standards de qualité pour les futures sources d'énergie (carburants) de la navigation intérieure

Contenu	Elaboration d'une de standards de qualité pour les futures sources d'énergie (carburants) de la navigation intérieure
Utilité	Condition préalable pour une exploitation sûre des moteurs de bateaux et notamment d'installations complexes de post-traitement des gaz d'échappement en cas d'utilisation des sources d'énergie concernées (carburants)
Charge de travail	Charge de travail faible à moyenne pour certaines des sources d'énergie (carburants), des standards d'autres secteurs économiques pouvant être repris au moins partiellement, charge de travail élevée pour l'intégralité des sources d'énergie
Risques	Concertation difficile en raison du grand nombre de parties concernées, dont les intérêts sont parfois très divergents
Procédure	Progressivement, pour différentes sources d'énergie (carburants)
Coordinateur approprié	Industrie ou Commission européenne, travaux tout au plus initiés ou coordonnés par la CCNR
Partenaires éventuels	Commission européenne, UENF, OEB, CESA, Euromot, CONCAWE/EUROPIA

Q. Examen du potentiel de réduction des émissions de CO₂ par l'utilisation du GNL et d'autres sources d'énergie alternatives (carburants) en navigation intérieure

Contenu	Examen du potentiel de réduction des émissions de CO ₂ par l'utilisation du GNL et d'autres sources d'énergie alternatives (carburants) en navigation intérieure
Utilité	Concentration sur des sources d'énergie (carburants) qui sont effectivement susceptibles de contribuer à une réduction significative des émissions de CO ₂ de la navigation intérieure ; évitement d'évolutions contreproductives
Charge de travail	Charge de travail faible à moyenne pour certaines des sources d'énergie (carburants), des études d'autres secteurs du transport pouvant être repris au moins partiellement, charge de travail élevée pour l'intégralité des sources d'énergie
Risques	Concertation difficile en raison du grand nombre de parties concernées, dont les intérêts sont parfois très divergents
Procédure	Progressivement, pour différentes sources d'énergie (carburants)
Coordinateur approprié	Commission européenne, Etats membres ; la CCNR pourrait tout au plus réunir des études réalisées à l'initiative de la Commission européenne et des Etats membres ou de l'industrie (fonction d'observation du Secrétariat de la CCNR)
Partenaires éventuels	Instituts de recherche

R. Etudes supplémentaires relatives aux mesures techniques à bord des bateaux de navigation intérieure permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre

Contenu	Etudes supplémentaires relatives aux mesures techniques à bord des bateaux de navigation intérieure, y compris la propulsion des bateaux, permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂ , notamment dans la perspective de la mise en œuvre de ces mesures
Utilité	Réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ de la navigation intérieure
Charge de travail	Variable pour les différentes mesures, élevée notamment pour les études concernant des systèmes de propulsion utilisant des sources d'énergie alternatives
Risques	Etude de mesures offrant de faibles perspectives pour une utilisation pratique
Procédure	Progressivement, pour différentes mesures
Coordinateur approprié	Commission européenne, Etats membres ; la CCNR pourrait tout au plus réunir des études réalisées à l'initiative de la Commission européenne et des Etats membres ou de l'industrie (fonction d'observation du Secrétariat de la CCNR)
Partenaires éventuels	Instituts de recherche

S. Etudes supplémentaires relatives aux mesures opérationnelles à bord des bateaux de navigation intérieure permettant de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre

Contenu	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 ₂ , notamment dans la perspective de la mise en œuvre de ces mesures
Utilité	Réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ de la navigation intérieure
Charge de travail	Variable selon les différentes mesures ; globalement, charge de travail faible à moyenne
Risques	Etude de mesures offrant de faibles perspectives pour une utilisation pratique
Procédure	Progressivement, pour différentes mesures
Coordinateur approprié	Commission européenne, Etats membres ; la CCNR pourrait tout au plus réunir des études réalisées à l'initiative de la Commission européenne et des Etats membres ou de l'industrie (fonction d'observation du Secrétariat de la CCNR)
Partenaires éventuels	Instituts de recherche

T. Détermination de la réduction de la consommation de carburant due à l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure

Contenu	Détermination de la réduction de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre de la navigation rhénane et de la navigation intérieure européenne résultant de l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de la navigation intérieure, tant absolu que par rapport à la prestation de transport (tkm)
Utilité	L'augmentation du port en lourd moyen (dimensions) constitue une évolution importante pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂ de la navigation intérieure et elle est par conséquent d'une importance déterminante pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ de la navigation intérieure, des connaissances plus précises dans ce domaine contribuent notamment aux décisions politiques.
Charge de travail	Charge de travail relativement faible, la méthodique étant probablement simple et en raison de données statistiques déjà disponibles de l'observation du marché
Risques	Imprécision des estimations nécessaires ; éventuellement, données non communiquées par la profession de la navigation concernant l'évolution réelle de la flotte
Procédure	Mise en œuvre par les administrations nationales
Coordinateur approprié	Administrations nationales
Partenaires éventuels	UENF, OEB (entreprises de la profession de la navigation), VBW

Émissions de gaz à effet de serre (émissions GES) de la navigation intérieure – émissions autres que celles résultant de l'exploitation du bateau

Lacunes concernant la connaissance de certains aspects des émissions GES de la navigation intérieure

Le projet de recherche de l'UE *EU Transport GHG: Routes to 2050 II*²⁹ porte notamment sur les émissions de GES de la navigation intérieure qui ne résultent pas de l'exploitation des bateaux. Il apparaît qu'il existe d'importantes lacunes concernant la connaissance de ces émissions.

Etendue de l'activité possible

L'objectif de l'activité est de développer de manière suffisante la compréhension et les outils permettant de déterminer les émissions de GES de l'intégralité de la navigation intérieure. Ces outils devraient permettre d'estimer les émissions de GES pour toutes les phases du cycle de vie de voies navigables, de ports intérieurs, de terminaux et de bateaux.

L'étendue possible de cette activité, les différentes tâches et les principales parties prenantes sont résumés dans le tableau ci-après.

		Construction	Exploitation	Entretien des organes de propulsion	Retrait / déchirage
		1	2	3	4
Voie navigables	A	Administration de la voie navigable	Administration de la voie navigable	Administration de la voie navigable	Administration de la voie navigable
Ports / terminaux	B	Administration des voies navigables, administration et exploitants portuaires	Exploitants portuaires	Administration portuaire / administration de l'eau et de la navigation	Administration des voies navigables, administration et exploitants portuaires
Bateaux	C	Constructeurs de bateaux	Propriétaires de bateaux :	Constructeurs et propriétaires de bateaux	Constructeurs de bateaux

En ce qui concerne les voies navigables, il n'est pas nécessaire de prendre en compte dans le cadre de l'activité prévue les aspects de la gestion des eaux qui ne sont pas liés à la navigation. Selon l'AIPCN, il peut être intéressant de prendre en compte aussi la navigation de plaisance. Toutefois, tel n'est pas le cas pour le projet de recherche de l'UE, qui se limite au transport.

Pour les ports et terminaux ne sont à prendre en compte que les activités nautiques, par exemple le chargement et déchargement de bateaux, y compris les infrastructures et équipements nécessaires. (Toutes les autres activités portuaires relèvent du rail ou de la route ainsi que d'autres activités logistiques.

Si les membres de l'AIPCN semblent être davantage en mesure de générer les connaissances nécessaires pour les tâches liées aux voies navigables, l'AIPCN dépendrait fortement, pour toutes les autres tâches, des contributions des différents secteurs concernés (associations).

²⁹ www.eutransportghg2050.eu

Il s'agit d'une activité de grande ampleur, d'où la nécessité de fixer des priorités. Le tableau ci-contre présente les priorités pour les différentes tâches. Les priorités sont déterminées pour les différentes tâches en fonction de la part supposée de l'intégralité des émissions de GES de la navigation intérieure.

Priorité		Tâche
Elevée	I	A2, A3, B2, B3, C2
Moyenne	II	A1, B1, C1,
Faible	III	A4, B4, C3, C4

Articulation de la possible activité de l'AIPCN

Compte tenu de l'ampleur de l'activité, il semble pertinent d'élaborer des groupes de tâches, les différentes parties prenantes et les priorités susmentionnées devant être pris en compte.

WP1.1: A2+A3, WP1.2: B2+B3; WP2.1 A1+A4, WP2.2: B1+B4, WP2.3: C1+C3+C4

Aucun groupe de tâches n'est requis pour les émissions résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure, cette tâche étant déjà couverte par le présent rapport de la CCNR.

L'activité nécessiterait la classification d'objets pour chaque tâche. Les bateaux seraient certainement classifiés selon leurs types et dimensions. Des catégories similaires devront être définies pour les voies navigables et les ports / terminaux.

Inputs et Outputs

Il est peu probable que puisse être trouvée une approche déductive pour générer les connaissances nécessaires. Il sera plutôt nécessaire de collecter des données réelles concernant les émissions de GES et la consommation d'énergie. Des informations relatives à l'intensité énergétique ou CO₂ pour la production des matériaux de construction seront également nécessaires.

Au moins pour le moment, il n'est pas possible de fournir des données précises concernant les émissions de GES résultant du transport. Tel est le cas aussi pour les bateaux de la navigation intérieure. En outre, la navigation intérieure produit en valeur absolue nettement moins de gaz à effet de serre que la route ou le rail. C'est pourquoi le résultat souhaité de l'activité ne sera pas constitué de calculs exacts mais de connaissances suffisantes pour permettre des estimations étayées.

Il est probable que l'exploitation des bateaux soit la principale source d'émissions de GES de la navigation intérieure. L'activité devrait déterminer la part des émissions de GES des autres tâches par rapport aux émissions de GES résultant de l'exploitation des bateaux. S'il ne peut être prouvé que les émissions de GES de certaines autres tâches ne représentent que quelques faibles pourcentages des émissions résultant de l'exploitation, il n'y aura pas lieu de procéder à un examen approfondi pour ces tâches.

Idéalement, des valeurs pour des coefficients d'émission ou pour l'intensité d'émission, par exemple en grammes de CO₂ par tkm, constitueront le principal résultat de cette activité. Ceci permettrait une utilisation simple et généralisée des résultats de ces travaux. Les valeurs de ces coefficients délimiteraient une plage de valeurs probables, des valeurs chiffrées précises ne pouvant pas être obtenues et n'étant pas réellement nécessaires.

Le développement de coefficients d'émissions nécessite une compréhension étayée des facteurs qui déterminent les émissions de GES pour chaque tâche. L'obtention de cette compréhension et sa description d'une manière compréhensible pour les décideurs de tous les secteurs de la navigation intérieure, y compris les gestionnaires des entreprises et de la politique, constitueront les autres résultats importants de cette activité.

**Objectifs des Etats membres de la CCNR
pour réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre**

Tableau 4: Objectifs des Etats membres de la CCNR pour réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre dans tous les secteurs et pour le transport

Etat	Objectifs de protection du climat		Sources
	Tous secteurs	Transport	
Belgique	Objectif hors Emissions Trading System : Abaissement de 15 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 2005 (Réduction linéaire)	Encore en préparation	Décision de l'UE ("Effort Sharing Decision")
Allemagne	Abaissement des émissions de gaz à effet de serre de 40 % d'ici 2020, de 55 % d'ici 2030, de 70 % d'ici 2040 et de 80-95 % d'ici 2050 (par rapport aux valeurs de l'année 1990)	Réduction de la consommation d'énergie finale d'environ 10 % d'ici 2020 et d'environ 40 % d'ici 2050 (par rapport aux valeurs de l'année 2005)	Concept énergétique pour une fourniture d'énergie respectueuse de l'environnement, fiable et accessible financièrement (BMW 2010)
France	Réduction des émissions de gaz à effet de serre de 23 % d'ici 2020 et de 75 % d'ici 2050 (par rapport aux valeurs de l'année 1990)	Retour au niveau d'émission de GES de 1990 à l'horizon 2020 (après une augmentation de 19 % entre 1990 et 2004), diminution supplémentaire de 65 % à l'horizon 2050.	Plan climat de la France, actualisation 2011. Politiques climat et efficacité énergétique. Synthèse des engagements et résultats de la France, 2011.
Pays-Bas	Abaissement de 20 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 (par rapport à 1990) D'ici 2030, objectif conditionnel de - 40 %.	L'objectif d'une baisse de 20 % peut globalement être transposé en une émission maximale de 35,5 millions de tonnes en 2020. Pas encore d'objectif sectoriel jusqu'en 2030. D'ici 2050 est envisagée une baisse de 60 %.	Plan de gestion gouvernementale (juin 2011) en matière de politique environnementale jusqu'en 2020. Feuille de route Climat 2050 (18 novembre 2011)
Suisse	Abaissement de 20 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 (par rapport à 1990)	Des objectifs sectoriels sont fixés dans le cadre du règlement d'application Celui-ci fera l'objet de consultations en mai 2012. Les objectifs sectoriels ne pourront être mentionnés que lorsque le règlement aura été adopté par le Conseil fédéral	Loi fédérale relative à la réduction des émissions de CO ₂ (loi CO ₂) du 23 décembre 2011

Détermination du bilan carbone et des émissions spécifiques de CO₂ (intensité CO₂) de la navigation intérieure

L'intensité CO₂ d'un mode de transport peut être exprimée essentiellement en g/tkm sur la base des émissions de CO₂ rapportées à la prestation de transport, mais aussi en g/EVPkm. Ce rapport est souvent appelé aussi facteur d'émission CO₂. Les émissions de CO₂ résultent de la combustion de gazole, utilisé presque sans exception en navigation intérieure en tant que carburant. En raison des processus chimiques durant la combustion, il existe un rapport constant entre la quantité de carburant utilisée et les émissions de CO₂ produites. Ce rapport est en principe indépendant de l'âge et du type de moteur.

Par conséquent, la détermination de l'intensité CO₂ est basée dans tous les cas sur la détermination de la consommation de carburant d'un bateau ou d'une flotte par rapport à la prestation de transport réalisée.

Les études et procédures mentionnées dans le **tableau 5** utilisent par principe une **approche théorique pour la détermination de l'intensité CO₂**. En tenant compte d'un nombre plus ou moins élevé de paramètres, la consommation moyenne d'énergie est déterminée pour certains bateaux ou pour des flottes entières, puis elle est mise en rapport avec les prestations de transport que réalisent (ou que peuvent réaliser) ces bateaux ou flottes.

Table 5: Sélection d'études dans lesquelles sont déterminées des valeurs d'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour la navigation intérieure

Étude / procédure	Date de publication	Informations supplémentaires	Intégration en amont
INFRAS; <i>External Costs of Transport, Update Study</i> (Schreyer, Schneider et al. 2004)	2004	Données non fiables ; simplifications étendues	oui
Haskoning; Schilperoord, H.A., <i>Binnenvaart voortdurend duurzaam – Environmental Performance of Inland Shipping</i> (Schilperoord 2004)	2004	Différents facteurs d'émissions pour différents types de bateaux (dimensions de bateaux) et prestations de transport	non
ADEME/VNF; <i>Étude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises</i> (ADEME 2006)	2006	Détermination de la consommation de carburant par enquête auprès des conducteurs / armements	non
PLANCO; <i>Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße</i> (PLANCO 2007)	2007	Différents facteurs d'émissions pour différents types de bateaux (dimensions de bateaux) et prestations de transport	oui
DST; <i>Strömungstechnische Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen</i> (Zöllner 2009)	2009	Différents facteurs d'émissions pour différents types de bateaux (dimensions de bateaux) dans des conditions générales standard	non
TTI; <i>A Modal Comparison of Domestic Freight Transportation – Effects on the General Public</i> (Kruse, Protopapas et al. 2009)	2009	Valeur moyenne pour la navigation intérieure aux USA ; le modèle de calcul a été vérifié sur la base de prestations de transport et consommations de carburant réelles	

Étude / procédure	Date de publication	Informations supplémentaires	Intégration en amont
Gent University; <i>Improving the efficiency of small inland vessels</i> (Geerts, Verwerft et al. 2010)	2010	Valeur moyenne pour 3 types de bateaux ; prise en compte de la prestation de transport pour différentes classes de voies navigables	non
IFEU/TREMOT; <i>Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030</i> (TREMOT, Version 5) Endbericht (Knörr 2010)	2010	Estimation générale non différenciée	oui
CEFIC; Measuring and Managing CO ₂ Emissions of European Chemical Transport; Alan McKinnon, Maja Piecyk (McKinnon and Piecyk 2010)	2010	Basé sur les facteurs d'émissions publiés par INFRAS, TRENDS, Tremove et IFEU, uniquement <u>une</u> valeur moyenne	oui
Etude Seine-Escaut; External and infrastructure costs of freight transport Paris-Amsterdam corridor (Schroten, van Essen et al. 2010)	2010	Différents facteurs d'émissions pour différents types de bateaux (dimensions de bateaux) et prestations de transport ; très différencié, les données relatives aux émissions correspondent globalement à celles de STREAM.	
EcoTransIT World; Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports; Methodology and Data (IFEU 2010)	2010	Faible différenciation concernant les types de bateaux et les voies navigables	oui
STREAM; STREAM International Freight 2011 – Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database (den Boer, Otten et al. 2011)	2011	Différents facteurs d'émissions pour différents types de bateaux (dimensions de bateaux) et prestations de transport ; très différencié	oui
Marco Polo; External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals (Brons and Christidis 2011)	2011	Différents facteurs d'émissions pour trois catégories de dimensions (indépendamment du type de bâtiment) et une valeur moyenne	oui
NEA; Medium and Long Term Perspectives of IWT in the European Union (NEA, Planco et al. 2012)	2012	Données relatives aux émissions tirées de STREAM	oui

Dans le cadre d'un projet intéressant à cet égard a été déterminée sur une base théorique la consommation d'énergie de différentes catégories de bateaux en fonction de leur vitesse et d'autres paramètres pertinents et ces valeurs ont été comparées aux données réelles relatives à la consommation de quelques bâtiments (Georgakaki and Sorenson 2004). Sous réserve que soient connus les paramètres correspondants, y compris la vitesse, les données tirées de ce projet permettent de déterminer la consommation d'énergie respective, laquelle peut être convertie en émissions de CO₂. Toutefois, cette étude ne comporte pas de facteurs d'émission de CO₂.

La **méthode pour la détermination de l'intensité CO₂** la plus fiable et a priori la plus simple serait de mesurer **dans la pratique** la consommation de carburant d'un bateau ou d'une flotte et de la mettre en relation avec la prestation de transport réalisée par ce bateau ou cette flotte durant la période couverte par l'étude. Cette méthode pose toutefois des problèmes fondamentaux :

- L'examen de flottes entières peut poser d'importants problèmes de délimitation concernant la détermination des quantités de carburant utilisées et éventuellement aussi concernant la prestation de transport réalisée. Ces problèmes étant manifestes dans certaines études (Denier van der Gon and Hulskotte 2010; Knörr, Heidt et al. 2011), ces études n'ont pas fait l'objet d'un examen plus détaillé dans le présent rapport.
- Lors de l'examen de flottes entières, les résultats des études sont peu parlants en ce qui concerne certaines questions, si les flottes, leurs conditions d'exploitation et/ou leurs secteurs d'exploitation sont très hétérogènes. Pour la détermination du bilan carbone de la navigation intérieure dans un État ou dans une région, ceci ne poserait toutefois pas de problème.
- Les études menées sur la base d'un petit nombre de bateaux sont moins fiables et inversement les études couvrant un grand nombre de bateaux dont les conditions d'exploitation et/ou les secteurs de navigation sont différents impliquent des contraintes considérables.

L'étude de TTI est la seule qui évoque une investigation dans laquelle la consommation réelle de carburant d'une flotte est mise en relation avec la prestation de transport de cette flotte. PLANCO a pris en compte des études menées avec des bateaux isolés. A cet effet, PLANCO a analysé les résultats de différentes études concernant les puissances requises de bateaux de la navigation intérieure puis les a inter- et extrapolés au moyen d'une procédure mathématique. TTI et PLANCO utilisent ainsi les résultats d'études réalisées sur le terrain pour la vérification des estimations théoriques de la consommation de carburant et donc de l'intensité CO₂.

Principaux paramètres à prendre en compte pour la détermination de l'intensité CO₂ (et pour la possible utilisation des facteurs d'émission) de la navigation intérieure

La **consommation moyenne d'énergie** d'un bateau de navigation intérieure dépend d'un grand nombre de **paramètres**. Les principaux paramètres sont les suivants :

- type de bateau ou dimensions du bateau,
- vitesse du bateau,
- taux de chargement (facteur de chargement) du bateau,
- quote-part des voyages à l'état léger,
- dimensions des voies navigables parcourues, (en particulier la profondeur de l'eau),
- type des voies navigables parcourues (fleuve à courant libre, fleuve régulé, canal),
- sens du courant.

Par conséquent, les études et procédures qui prennent en compte entièrement ou dans une large mesure ces paramètres devraient être d'une qualité supérieure à celle des études retenant moins de paramètres ou utilisant pour la prise en compte de ces paramètres des valeurs moyennes non vérifiées afin d'éviter ainsi un examen plus détaillé.

En particulier pour la détermination des émissions de CO₂ liées à des transports de conteneurs par des bateaux de la navigation intérieure, certaines études tiennent compte aussi de la **consommation d'énergie pour la manutention** et pour les **prestations connexes antérieures et postérieures**. Ceci n'est toutefois utile que si sont examinées les conséquences d'un changement de mode de transport ou si sont effectuées des comparaisons entre modes de transports pour lesquels l'expéditeur et le destinataire des marchandises ne disposent pas d'un accès à une voie navigable. Pour la détermination du bilan carbone de la navigation intérieure, la prise en compte de la consommation d'énergie pour la manutention et pour les prestations connexes antérieures ou postérieures devra faire l'objet de discussions. Le présent rapport ne tient pas compte de ces activités.

Pour la détermination des facteurs d'émission, certaines études prennent également en compte **l'énergie consommée pour la production du carburant**. Étant donné que cette consommation d'énergie (processus en amont) est souvent prise en compte dans le calcul du bilan carbone d'autres modes de transport, on l'effectue également ci-après. Si, dans des études, les processus en amont n'ont pas été pris en compte, on tient compte d'une valeur de 11,8 g CO₂ pro MJ pour les émissions de ces processus (den Boer, Otten et al. 2011). Dans la norme européenne EN 16258 : 2013, qui n'est pas encore publiée, est mentionnée à cet égard une valeur de 15,9 g de CO₂ par MJ. Une analyse des raisons de cette différence entre les deux valeurs dépasserait le cadre du présent rapport. Étant donné que la différence n'est que d'environ 5 % des émissions globales (par MJ), il semble que cette imprécision soit acceptable en liaison avec l'objectif du rapport ainsi que pour la détermination de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure européenne.

L'âge des moteurs installés à bord des bateaux a également une incidence sur le facteur d'émission. Ceci est dû au fait que les moteurs plus anciens consomment davantage de carburant que les moteurs plus récents pour une puissance donnée (la propulsion du bateau), exprimée en kWh. À titre d'exemple, des études mentionnent pour les moteurs construits avant 1975 une consommation spécifique de carburant de 235 g/kWh et pour ceux construits après 2002 une valeur de 200 g/kWh. (Denier van der Gon and Hulskotte 2010; Knörr, Heidt et al. 2011). La fourchette de la consommation spécifique de carburant est par conséquent inférieure à 20 % des valeurs absolues, ce qui pourrait impliquer une imprécision d'environ 10 % au maximum lors du choix d'une moyenne appropriée. Cette possible imprécision supplémentaire devrait également être acceptable dans le cadre du rapport et lors de la détermination de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure européenne.

Utilisation des valeurs de l'intensité CO₂ (facteurs d'émission) de la navigation intérieure qui figurent dans les études et procédures

Il serait souhaitable de comparer de manière détaillée dans le cadre d'une sorte de méta-étude les méthodes employées pour les études et procédures énumérées dans le **tableau 5** pour la détermination de l'intensité CO₂ de la navigation intérieure (facteurs d'émission), puis de fixer sur cette base les valeurs de l'intensité CO₂ de la navigation intérieure. Ceci n'est toutefois possible que de manière très limitée dans le cadre de l'élaboration du rapport de la CCNR relatif aux possibilités de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ de la navigation intérieure.

Cependant, la simple comparaison des études et procédures fait déjà apparaître de grandes disparités en ce qui concerne la prise en compte des différents paramètres. Il semble que certaines études et procédures ne retiennent que certains des paramètres. En outre, les paramètres pris en compte font souvent l'objet d'importantes simplifications et généralisations, sans avoir auparavant déterminé à l'aide de cas isolés si elles ont une influence significative sur les résultats. La problématique des valeurs moyennes d'intensité CO₂ ressort clairement lorsqu'on compare la navigation intérieure au transport routier. Les bateaux les plus petits (péniches) ont un port en lourd inférieur à 400 t, soit environ 1/40^e de celui d'un grand convoi poussé. Transposé au transport routier, cela correspond approximativement au rapport entre la charge utile d'une petite camionnette et celle d'une grande semi-remorque.

Le **tableau 6** regroupe les études qui indiquent uniquement une valeur moyenne pour l'intensité CO₂, qui n'est pas étayée par une analyse différenciée des émissions des différents types de bateaux, ou par un ajustement au moyen de la consommation effective de carburant de tous les bateaux dans une zone de navigation donnée. Du fait des raisons précitées, ces études ne seront plus considérées ci-après à l'exception des études de l'université de Gand et du TTI. L'étude de l'Université de Gand établit certes une valeur moyenne en tenant compte de la prestation de transport pour différentes classes de voies navigables, mais l'étude se limite à 3 types de bateaux de petite taille dans une zone de navigation relativement restreinte. L'intensité CO₂ déterminée dans cette étude pourrait donc être tout à fait significative, mais uniquement pour une discussion sur les émissions des bateaux de petite taille. L'étude du TTI indique une valeur moyenne pour la navigation intérieure aux USA, le modèle de calcul ayant été vérifié avec des prestations de transport et des consommations de carburant réelles. Étant donné qu'aux USA, les transports fluviaux s'effectuent généralement avec de grands convois poussés, la valeur d'intensité CO₂ résultant de cette étude peut très bien être comparée aux valeurs pour des grands convois poussés en Europe.

Tableau 6: Sélection d'études dans lesquelles des valeurs d'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour la navigation intérieure sont déterminées de manière indifférenciée

Étude / procédure	Intensité CO ₂ (facteurs d'émission de CO ₂)
CEFIC	31 g/tkm
Université de Gand	32 g/tkm
IFEU/TREMOD	31,8 g/tkm
INFRAS	31 g/tkm
TTI	11 g/tkm

Les études Stream/Shift, Haskoning et PLANCO semblent être les seules qui procèdent à une différenciation tenant compte de la réalité et qui intègrent les paramètres importants. Les études Stream/Shift et Haskoning prennent également en compte les très petites unités, qui présentent naturellement les émissions spécifiques les plus importantes. En 2007, les automoteurs à marchandises d'un port en lourd inférieur à 650 tonnes représentaient en nombre d'unités environ un tiers de la flotte européenne, une part nettement inférieure à 10 % du tonnage total et une part d'environ 15 % de la totalité de la puissance installée (CCNR et CE 2009). Ceci montre clairement que ces très petits bateaux sont plutôt secondaires dans un contexte paneuropéen.

Le **tableau 8** présente des valeurs d'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour la navigation intérieure qui ont été déterminées de manière différenciée dans différentes études, en intégrant les processus en amont pour la production du carburant ("well to wheel"). On constate le grand écart entre les valeurs minimales et maximales, déjà uniquement par type de bateau, et encore bien plus pour l'ensemble des types de bateaux. Par type de bateau, les valeurs maximales atteignent parfois le quintuple des valeurs minimales ; pour l'ensemble des types de bateaux, le rapport atteint parfois 1 à 10. Les valeurs maximales concernent principalement des chargements légers et des bateaux de faible port en lourd. Or, de tels cas sont de moindre importance dans la navigation intérieure européenne, et particulièrement dans la navigation rhénane. On peut donc supposer que, fondamentalement, les valeurs minimales sont plus proches des émissions réelles que les valeurs maximales.

Étant donné le grand écart entre les valeurs, il est exclu d'effectuer une généralisation ou même une formation de valeur moyenne, sur la seule base des valeurs indiquées dans ces études, en vue de déterminer le bilan carbone de la navigation intérieure. Pour déterminer de manière fiable le bilan carbone de la navigation intérieure pour une zone de navigation, par exemple pour la navigation rhénane ou pour la navigation intérieure en Europe, la procédure suivante semble appropriée :

- vérification des facteurs d'émission indiqués pour chaque type de bateau pour la zone de navigation concernée ;
- détermination de la prestation de transport qui est apportée par chaque catégorie de bateaux (tous les bateaux d'un même type) dans la zone de navigation concernée ;
- détermination du bilan carbone pour chaque catégorie de bateaux en multipliant la prestation de transport de la catégorie de bateaux par le facteur d'émission du type de bateau ;
- totalisation des bilans carbone de toutes les catégories de bateaux dans une zone de navigation.

Les différents secteurs de navigation pourraient encore être subdivisés selon qu'il s'agisse de voies d'eau à courant libre ou régulées ou de canaux, étant donné que ceci a une incidence significative sur la consommation spécifique de carburant et donc sur les facteurs d'émission ((Knörr, Heidt et al. 2011). La vérification des facteurs d'émission pourrait s'effectuer en faisant appel à des données sur la consommation réelle de carburant pour les différents types de bateaux. La prestation de transport de chaque catégorie de bateaux peut également être déterminée à l'aide de données issues de la pratique. Conjointement avec les données statistiques sur le nombre de bateaux par catégorie, on peut ainsi déterminer la prestation de transport par catégorie.

Le Secrétariat de la CCNR a obtenu par l'intermédiaire de différents bateliers de premières valeurs provisoires pour les facteurs d'émission. Celles-ci sont présentées dans le **tableau 7**.

Tableau 7 : Valeurs pour l'intensité CO₂ (facteurs d'émission CO₂) pour la navigation intérieure sur la base de consommations réelles de carburants pour une sélection de catégories de bateaux et de secteurs de navigation (y compris les processus en amont)

Catégories de bateaux / Secteurs de navigation	Intensité CO ₂ (facteurs d'émission de CO ₂)
Convois poussés à 4 et 6 barges / Rhin inférieur	11,6 g/tkm
Johann Welker / transports de conteneurs Bassin du Rhin	24,9 ... 40,0 g/tkm
Grand automoteur / transports de conteneurs Bassin du Rhin	19,1 ... 32,6 g/tkm
Jowi / transports de conteneurs Bassin du Rhin	10,3 ... 17,6 g/tkm

Il est à noter que les facteurs d'émission déterminés sur la base de ces données de la profession de la navigation se situent vers la limite inférieure des valeurs indiquées dans les études et sont nettement inférieurs aux valeurs déterminées dans le cadre d'EcoTransIT et de Marco Polo pour les décisions relatives aux subventions de la Commission européenne et pour les décisions entrepreneuriales.

Étant donné la grande importance politique et également de plus en plus économique que revêtent les émissions de gaz à effet de serre de la navigation intérieure, il semble opportun de poursuivre ces travaux. Une participation active de la profession de la navigation serait indispensable pour réunir les données issues de la pratique, les statistiques nécessaires et les aspects techniques d'exploitation. De plus, une concertation avec la Commission européenne s'impose afin d'obtenir que ces travaux bénéficient d'une acceptation dans toute l'UE et soient pris en compte dans le développement de la politique européenne des transports.

Table 8: Choix d'études dans lesquelles des valeurs d'intensité CO₂ (facteurs d'émission de CO₂) pour la navigation intérieure sont déterminées de manière différenciée, en intégrant les processus en amont pour la production du carburant ("well to wheel")

Classe voie navigable (CEMT)		Intensité CO ₂ (facteurs d'émission), en g/tkm								Minimum / Maximum par étude	
		I	II	III	IV		V		VI		
Type de bateau		Péniche	Campinois	Gustav Koenigs	Johann Welker	Convoi poussé	Grand Rhénan	Convoi poussé / 2 barges	Jowi	Convoi poussé	
Port en lourd (t)		250 - 400	400 – 650	650 – 1000	1000 - 1500		1500 - 3000		≥ 3000		
Étude	Marchandise transportée										
Haskoning ³⁰	Vrac	43,2	47,2		40,0		22,8 ³¹	14,4	23,1 ³²	10,6 ³³	10,6 ... 47,2
	Non vrac		28,2 ³⁴		47,0		14,7		17,0		
ADEME / VNF ³⁵		51,4	50,4	45,0	42,1		34,8	25,0			25,0 ... 51,4
Planco	Vrac					15,8	19,6; 22,8	12,0 ... 21,1		14	10,3 ... 22,8
	Conteneurs ³⁶					21,1; 21,9	13,0	17,4	10,3		
DST2009 ³⁷		(47,1)		(31,3)	(17,6)		(6,4)	(11,6)	(7,7)	(11,9)	(6,4 ... 47,1)
Marco Polo ³⁸	Vrac				(68,5)		(64,3)	(43,21)			
EcoTransit ³⁹	Vrac	(60,6)				(37,7)				(31,5 ... 60,6)	
	Conteneurs	(52,7)				(31,5)					

³⁰ Valeurs converties (facteurs d'émission avec processus en amont ~ 1,16 * facteurs d'émission sans processus en amont)

³¹ Bateau-citerne 3500 t

³² Bateau-citerne 6 000 t

³³ Convoi poussé 2x2 barges

³⁴ Neokemp

³⁵ Valeurs converties (facteurs d'émission avec processus en amont ~ 1,16 * facteurs d'émission sans processus en amont)

³⁶ Valeurs converties (1 TEU ~ 10,5 t)

³⁷ Valeurs non comparables, car les conditions logistiques de référence, p. ex. les voyages à l'état léger, ne sont pas pris en compte ; ces valeurs ne sont donc pas prises en compte dans la suite.

³⁸ Propres calculs sur la base de Van Essen et den Boer (2012); uniquement 3 types de bateaux ; par conséquent les valeurs ne sont pas prises en compte.

³⁹ Valeurs non comparables, car il s'agit de moyenne sur plusieurs types de bateaux ; ces valeurs ne sont donc pas prises en compte dans la suite.

		Intensité CO ₂ (facteurs d'émission), en g/tkm									
Classe voie navigable (CEMT)		I	II	III	IV		V		VI		
Type de bateau		Péniche	Campinois	Gustav Koenigs	Johann Welker	Convoi poussé	Grand Rhéna	Convoi poussé / 2 barges	Jowi	Convoi poussé	Minimum / Maximum par étude
Port en lourd (t)		250 - 400	400 - 650	650 - 1000	1000 - 1500		1500 - 3000		≥ 3000		
Étude	Marchandise transportée										
STREAM Internat. Freight 2011 ⁴⁰	Vrac et colis légers	41 ... 56	41 ... 46		40 ... 46		32 ... 34	27 ... 32 19 ... 20		14 ... 16	14 ... 56
	Vrac et colis de poids moyen	36 ... 54	39 ... 41		34 ... 40		29 ... 30	23 ... 29 17 ... 19		12 ... 15	12 ... 54
	Vrac et colis lourds	34 ... 60	37 ... 42		32 ... 40		27 ... 32	23 ... 28 17 ... 20		12 ... 16	12 ... 60
	Conteneurs légers		74 ... 95		75 ... 90		39 ... 43 45 ... 55	51 ... 69	51 ... 36		36 ... 95
	Conteneurs de poids moyen		53 ... 64		49 ... 60		29 ... 33 25 ... 33	37 ... 49	24 ... 35		24 ... 64
	Conteneurs lourds		44 ... 53		40 ... 50		20 ... 27 24 ... 29	32 ... 35	19 ... 30		19 ... 53
	Transports Minimum / Maximum	34 ... 60	37 ... 95		32 ... 90		24 ... 55	17 ... 69	19 ... 51	12 ... 16	12 ... 95
Minimum / Maximum pour toutes les études	Vrac	34 ... 60	37 ... 47		32 ... 46	16	20 ... 35	12 ... 32	23	11 ... 16	11 ... 60
	Non vrac		28 ... 95		40 ... 90	21; 22	13 ... 55	17 ... 69	10 ... 51		10 ... 95
	Toutes marchandises	34 ... 60	28 ... 95	45	32 ... 90	16 ... 22	13 ... 55	12 ... 69	10 ... 51	11 ... 16	10 ... 95

⁴⁰ Indications pour l'année 2009

Possibilités générales de la navigation intérieure concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre

De nombreuses mesures techniques, opérationnelles et logistiques visant à réduire la consommation de carburant et donc aussi les émissions de CO₂ ont déjà été identifiées en navigation intérieure et un grand nombre de ces mesures a déjà été mis en œuvre. Dans le présent rapport sont uniquement considérées les mesures qui concernent le bateau en tant que tel et son exploitation. Afin de présenter le contexte globale et parce qu'il existe dans certains cas des liens entre les mesures qui concernent les bateaux et les mesures infrastructurelles, le **tableau 9** ci-après présente ces mesures, la liste ci-après n'étant pas exhaustive.

Tableau 9 : Synthèse des mesures identifiées et mises en œuvre

Domaine d'intervention		Mesures	Remarques
Infrastructure	Voie navigable - Ouvrages - Canal navigable	Adaptation aux dimensions optimales des bateaux	Étant donné que l'infrastructure de voies navigables est souvent largement achevée, seules des adaptations mineures sont possibles et pertinentes
		Limitation des manœuvres nécessaires	
		Évitement des conditions de débit défavorables	
	Informations relatives au chenal navigable	Mise à disposition d'informations concernant les paramètres des voies navigables	Largeur du chenal, hauteur d'eau, conditions de débit
		Mise à disposition d'informations concernant le trafic	Densité du trafic, perturbations, interruptions
	Vessel Traffic Management	Guidage du trafic	Vitesse optimale des bateaux
		Optimisation de l'exploitation des ouvrages hydrauliques (écluses, ponts)	Évitement des temps d'attente, extinction des moteurs
	Ports et aires de stationnement	Limitation des manœuvres nécessaires	Voir la ligne Voie navigable
		Connexion terrestre	Alimentation en énergie électrique provenant de sources renouvelables
		Équipement pour un chargement et déchargement optimisés afin de limiter la consommation d'énergie	
Bâtiment	Conception et équipement	Optimisation de la conception des bateaux par des essais sur maquette ou des simulations sur ordinateur	Propriétés hydrodynamiques (optimisation des dimensions principales, de la forme du bateau, de sa vitesse, des organes de propulsion)
		Optimisation des systèmes de propulsion conventionnels	Configuration optimisée pour les économies d'énergie par l'évitement de moteurs surdimensionnés, propulsion électrique

Domaine d'intervention	Mesures	Remarques
	Systèmes de propulsion diesel-électriques	Combinaison de mesures individuelles avec un moteur diesel fonctionnant dans une plage de régime optimale, un générateur électrique et un moteur électrique pour la propulsion du bateau
	Systèmes de propulsion hybrides	Stockage électrique intermédiaire de l'énergie propulsive, le cas échéant avec une propulsion diesel-électrique
	Équipements optimisés pour l'économie d'énergie	Propulsion auxiliaire, utilisateurs
	Récupération d'énergie	Chauffage, climatisation, puissance de propulsion supplémentaire
	Organes de propulsion plus efficaces ou alternatifs	Par exemple les boteurs, Whale Tail"
	Réduction du poids	Construction légère, moteurs plus petits, jupe tunnel dynamique, optimisation du point d'accouplement
	Réduction de la résistance du bateau	Aérodynamisme, optimisation de la forme du bateau, plaque déflectrice
Carburants	Utilisation de carburants biogènes (liquides et gazeux)	Eventuellement conséquences écologiques et sociales critiques ; possibles problèmes concernant le stockage à bord ; disponibles en quantités limitées
	Utilisation de carburants gazeux	Production, stockage à terre, distribution et stockage à bord complexes
	Utilisation de carburants produits à l'aide d'énergies renouvelables, hydrogène par exemple	Évolution à long terme ; probablement disponibles en quantités limitées
Exploitation	Réduction générale de la vitesse	Eventuellement la mesure isolée la plus efficace en liaison avec une vitesse adaptée
	Adaptation de la vitesse aux dimensions du chenal navigable /de la profondeur de l'eau (Smart steaming)	De manière générale, la résistance du bateau est d'autant plus faible que les dimensions du chenal navigable sont importantes
	Systèmes d'information embarqués pour une navigation faible consommation	Économètres, planification des voyages
	Optimisation de la planification du voyage	Choix du meilleur trajet, prise en compte de restrictions
	Systèmes automatiques de détermination du cap	Evite les mouvements de gouvernail inutiles
	Optimisation de la maintenance	Coque du bateau, hélice, moteur
	Évitement du fonctionnement des moteurs au point mort	par exemple devant ou dans les écluses

Domaine d'intervention		Mesures	Remarques
		Optimisation de l'assiette	Chargement, ballast
		Formation du conducteur à la mise en œuvre des mesures opérationnelles	Mesure d'importance centrale
	Entretien des organes de propulsion	Réglage et entretien optimal des moteurs	Entretien selon les indications du constructeur
		Organes de propulsion en bon état	Les dommages peuvent réduire l'efficacité
		Parties immergées du bateau propres et non endommagées	La présence d'organismes aquatiques sur la coque et les déformations importantes peuvent augmenter la résistance à l'avancement
Pleine exploitation de la capacité de chargement	Évitement de la navigation à l'état léger		
	Pleine utilisation de la capacité de chargement	Autant que les conditions de la voie navigable le permettent	
	Évitement des délais d'attente	Par ex. dans les ports	

Les mesures ci avant généreront des coûts variables à prendre en compte en fonction de leur potentiel pour la réduction des émissions. Le coût d'un grand nombre de ces mesures devrait être couvert par les économies résultant de la réduction de la consommation de carburant.

Les mesures visant à réduire les émissions peuvent également avoir une incidence sur la sécurité et le bon ordre de la navigation ainsi que sur la protection de l'environnement. Les mesures visant à réduire les émissions qui ont une incidence négative sur la sécurité et le bon ordre de la navigation doivent être exclues. Une interaction favorable existe entre la réduction de la consommation de carburant et la pollution de l'environnement. De manière générale, une moindre consommation de carburant implique également une moindre émission de polluants tels que les oxydes d'azote et les particules. Les bateaux consommant moins de carburant provoquent généralement moins de remous et moins de variations des courants dans les masses d'eau environnantes, ce qui contribue à préserver le lit du fleuve.

Options techniques pour réduire les gaz à effet de serre pour les modes de transport autres que le transport routier

(Repris de (Hazeldine, Pridmore et al. 2009))

Tableau 10: Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre des options techniques pour la navigation intérieure

Option technique	Potentiel actuel de réduction au niveau du bateau, si applicable	Délai actuel de récupération de l'investissement
Système de propulsion		
Moteurs plus efficaces	15 - 20 %	> 10 ans
Propulsion diesel-électrique	10 %	> 10 ans
Réduction de la puissance de propulsion nécessaire		
Bâtiments de plus grande taille (économie d'échelle)	Jusqu'à 75 %, selon la différence d'échelle	Pas de conclusion générale possible
Systèmes d'hélice améliorés	20 - 30 %	Court délai de récupération de l'investissement
Conception améliorée de la coque	10 - 20 %	Court délai de récupération de l'investissement
Planification du parcours et gestion de la vitesse assistée par ordinateur	5 - 10 %	< 1 an
Coques légères	5 - 15 %	> 10 ans (expérimental)
Lubrification par air	10 %	Inconnu (expérimental)
Systèmes de propulsion expérimentaux "queue de baleine"	25 %	Inconnu (expérimental)

Remarques de l'auteur : Le tableau ci-avant tient uniquement lieu d'information concernant le projet de recherche *EU Transport GHG. Routes to 2050?* Un examen plus détaillé des mesures et potentiels figure dans l'**annexe 6** du présent rapport.

Mesures relatives à la technique des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

Tableau 11 contient une présentation récapitulative et une évaluation des mesures relatives à la technique des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Les informations et évaluations se fondent sur des études de la navigation maritime (Buhaug, Corbett et al. 2009; Miola, Ciuffo et al. 2010), sur le projet "EU Transport GHG: Routes to 2050?" (Hazeldine, Pridmore et al. 2009), sur la base de données concernant les mesures correspondantes disponible sur le site internet de la CCNR (www.ccr-zkr.org), sur des exposés lors de l'atelier "Émissions de CO₂ de la navigation intérieure, *Comment les mesurer? Comment les réduire?*" de la CCNR le 12 avril 2011 (Andersen 2011; Christophel 2011; Guesnet 2011; Scherm 2011; Shuto 2011; van Terwisga 2011), et sur d'autres sources (PLATINA 2009; Zöllner 2009). En l'absence d'informations concernant les potentiels de réduction, ceux-ci ont été estimés par le Secrétariat de la CCNR.

Le **tableau 11** montre que plusieurs mesures relatives à la technique des bateaux, qui permettent de réduire la consommation de carburant et donc les émissions de CO₂ des bateaux de navigation intérieure, sont déjà disponibles. Les différents potentiels de réduction sont indiqués en parts de la consommation de carburant (en %). Ces potentiels ne peuvent en principe pas être additionnés, car les quantités de carburant qui ont été économisées avec une mesure ne peuvent pas être à nouveau économisées avec une autre mesure ; il faut au contraire multiplier entre elles les parts de la consommation de carburant qui subsistent après une mesure de réduction. (Les relations mathématiques sont présentées à la **section 15** du rapport.)

L'évaluation doit nécessairement être soumise à un grand nombre de restrictions :

- Les mesures n'ont jusqu'à présent pas toutes été scientifiquement étudiées.
- Certaines des mesures n'ont pas encore été testées sur des bateaux en utilisation commerciale, d'autres seulement dans des cas isolés.
- Plusieurs des informations de base ont été communiquées par des développeurs et des fabricants qui, pour leur réussite économique, doivent présenter d'une manière avantageuse les mesures qu'ils font connaître.
- De nombreuses mesures ne conviennent que pour certains types de bateaux, par exemple l'optimisation du point de couplage.
- Dans de nombreux cas, il est techniquement ou économiquement peu judicieux de mettre en œuvre certaines des mesures proposées sur un bateau.
- Les indications de potentiels de réduction sont souvent des approximations grossières, ou ne valent que dans des conditions cadres particulières.

En même temps, il faut noter que la liste de mesures présentée n'est pas exhaustive. Il existe encore un grand nombre d'autres mesures mais qui, souvent, ne sont pas éprouvées, ou pour lesquelles on ne dispose pas d'informations fiables, ou dont les potentiels de réduction de la consommation d'énergie et des émissions sont très faibles.

Les informations du **tableau 11** doivent donc être considérées avec une certaine réserve. Elles devraient cependant être utiles pour estimer le potentiel global de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de la navigation intérieure.

On peut cependant présumer qu'il existe des potentiels de réduction qui concernent avant tout le système de propulsion. D'une manière générale, on peut constater qu'il existe tout un faisceau de mesures possibles, parmi lesquelles le propriétaire du bateau peut choisir celles qui sont économiquement et techniquement les plus avantageuses pour son bateau et son usage.

Pour ce choix, on peut s'aider d'études de la conception du bateau faisant appel à la MFN (mécanique des fluides numérique). Par des simulations sur des ordinateurs performants, ces études permettent de déceler les possibilités d'optimisation de la conception et d'effectuer une analyse théorique des modifications de celle-ci (Guesnet 2011; van der Meij 2011). On peut se passer en partie des coûteux essais sur modèles en bassin. Une autre possibilité dont dispose le propriétaire du bateau pour déterminer si la conception de sa nouvelle construction est avantageuse du point de vue énergétique sont les Simulation Generic Energy Systems (GES). Ceux-ci permettent d'analyser la consommation d'énergie d'un bateau dans différentes situations d'exploitation et d'en optimiser notamment les équipements en modifiant divers paramètres (Veen 2012).; Les procédures susmentionnées ne réduisent pas en tant que telles la consommation d'énergie d'un bateau, elles permettent toutefois de réaliser en amont des simulations des possibilités connues pour la réduction de la consommation de carburant et d'optimiser le bateau.

Quelques-unes des mesures susmentionnées ont été mises en œuvre sur le bateau-citerne Amulet, qui est utilisé pour le ravitaillement de navires de haute mer. Pour ce bateau, on indique des économies de carburant et donc des réductions des émissions de CO₂ allant jusqu'à 45 % par rapport à un bateau classique (Jansen, Jansen et al. 2010). Ce potentiel d'économie pourrait être considéré comme la limite supérieure du potentiel de réduction du CO₂ avec une combinaison de mesures techniquement éprouvées. Il faut toutefois tenir compte du fait que le bateau-citerne Amulet est un bateau destiné à un usage particulier.

Plusieurs des mesures énumérées au **tableau 11** peuvent être également mises en œuvre lors de la transformation de bateaux existants. Dans ce cas toutefois, les possibilités sont limitées pour des raisons techniques et économiques, et les potentiels de réduction sont donc moindres (Renner 2005). Les mesures suivantes semblent permettre les baisses de la consommation de carburant les plus importantes : remplacement de l'installation de propulsion principale, remplacement ou ajout d'organes de propulsion (hélice, boteur), adaptation des extrémités du bateau à la formation à couple. En résultent des combinaisons de mesures pertinentes sur le plan technique, telles que l'adaptation de la forme de la poupe du bateau en liaison avec le remplacement et l'ajout d'organes de propulsion. Les mesures susmentionnées sont également prises en compte dans le **tableau 11**.

Tableau 11 : Présentation récapitulative et évaluation des mesures relatives à la technique des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

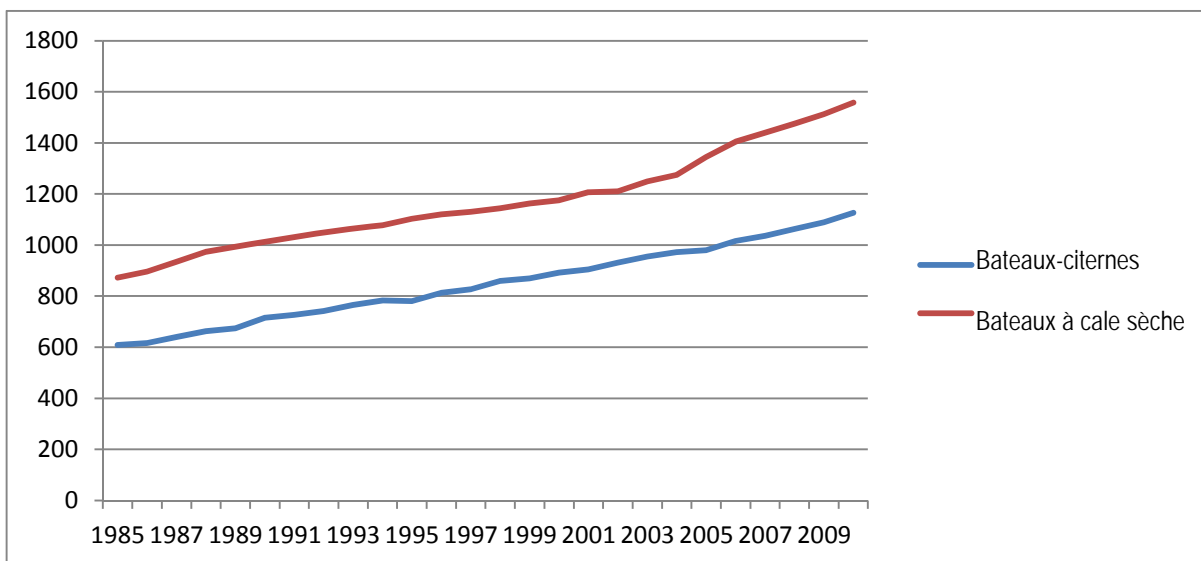
Mesure	Potentiel de réduction énergétique/de CO ₂	État de développement	Champ d'application	Rentabilité	Commentaire/Évaluation
Mesures concernant le système de propulsion					
Augmentation du rendement des moteurs	2 % à 5%	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Faible potentiel de réduction à l'avenir, car les mesures légalement prescrites pour réduire les émissions de polluants engendrent une augmentation de la consommation de carburant : mesure économique, à condition que soient remplacés des moteurs plus anciens présentant une consommation spécifique élevée, le potentiel de réduction est supérieur à 10 %
Systèmes de propulsion diesel-électriques	0 % à 20 %	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Mesure prometteuse ; potentiel de réduction moins important en comparaison avec les moteurs de propulsion conventionnels modernes ; efficacité fortement dépendante des conditions d'exploitation du bateau et du nombre / type d'appareils utilisateurs d'électricité
Systèmes de propulsion hybrides	0 % à 20 %	Prêt à la commercialisation	Actuellement à bord de yachts		Prometteuse pour les bateaux qui font beaucoup de manœuvres, comme les trafics de collecte/distribution dans les ports et les bateaux d'excursions journalières
Organes de propulsion plus efficaces	5 % à 20 %	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Plusieurs mesures riches en perspectives (hélices contrarotatives, hélices en biais)
Organes de propulsion alternatifs	0 % à 25 %	R & D			Impossible de prévoir aujourd'hui si les organes de propulsion alternatifs vont s'imposer (queue de baleine par exemple)
Récupération de la chaleur perdue	0 % à 5 %	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	Amortissement ~ 5 ans	Mesure riche en perspectives pour les bateaux naviguant surtout avec des chargements lourds : impossible pour les bateaux en stationnement en liaison avec une alimentation électrique depuis la terre

Mesure	Potentiel de réduction énergétique/de CO ₂	État de développement	Champ d'application	Rentabilité	Commentaire/Évaluation
Mesures concernant la coque					
Coques légères	0 % à 5 %	Prêt à la commercialisation	Déjà courant dans certains cas, par ex. pour les bateaux d'excursions journalières		Les coques légères sont actuellement peu utilisées pour la navigation à marchandises, elles peuvent impliquer des coûts élevés de réparations
Lubrification par air	0 % à 15 %	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Impossible de prévoir aujourd'hui si cette mesure va s'imposer ; les chambres d'air réduisent l'espace de chargement, ce qui réduit la capacité de transport en cas de niveaux d'eau moyens à bas
Forme du bateau	0 % à 10 %	Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Également possibilité d'optimisation dans le futur
Plaque déflectrice	0 % à 10 %	R & D	Théoriquement tous bateaux		Essais modélisés réussis
Jupe tunnel dynamique	0 % à 10 %	R & D	Automoteurs à marchandises, automoteurs-citernes	oui	Essais modélisés réussis, planification de la première mise en œuvre
Optimisation du point de couplage des barges poussées	0 % à 15 %	Prêt à la commercialisation	Barges poussées et convois	oui	Déjà courant pour les convois qui sont couplés en permanence
Optimisation de la totalité des mesures relatives à la technique des bateaux					
Simulation assistée par ordinateur (MFN)		Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Mesure prometteuse pour l'optimisation de la conception du bateau sur le plan de l'hydrodynamique, déjà utilisée dans de nombreux cas
Analyse énergétique		Prêt à la commercialisation	Théoriquement tous bateaux	oui	Mesure prometteuse pour l'optimisation de la conception du bateau sur le plan de la consommation d'énergie, déjà utilisée dans certains cas

Considérations sur l'évolution de la taille moyenne des bateaux en Europe et ses implications sur les émissions de CO₂

C'est probablement l'augmentation du port en lourd moyen (taille) des bateaux qui présente le plus grand potentiel de réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ de la navigation intérieure (Hazeldine, Pridmore et al. 2009; Schweighofer 2011). En Europe occidentale, entre 1991 et 2010, le port en lourd moyen des bateaux de navigation intérieure a augmenté d'environ 20 tonnes par an pour les bateaux à cale sèche et d'environ 25 tonnes par an pour les bateaux-citernes, comme le montre la **Figure 5**. Cela signifie des augmentations annuelles respectives d'environ 1,8 % et 1,6 %. La figure montre également qu'en 2010, le port en lourd moyen des bateaux à cale sèche était d'environ 1130 tonnes, et celui des bateaux-citernes d'environ 1560 tonnes.

Figure 5 : Port en lourd moyen (en tonnes) des automoteurs de la flotte d'Europe occidentale (source : enquêtes statistiques et calculs du Secrétariat de la CCNR)



D'une manière générale, les émissions de CO₂ sont d'autant plus faibles que le port en lourd des bateaux est élevé. (Ce point est exposé en détail à la **section 5.1** du rapport.) On effectue ci-après une estimation grossière de la variation des émissions spécifiques en raison de l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux de navigation intérieure en Europe occidentale. Pour cela, on utilise des valeurs d'émissions qui ont été déterminées dans des conditions cadres définies (enfouissement maximal de 2,5 m, profondeur de l'eau de 5 m, vitesse du bateau de 12 km/h) (Zöllner 2009) et qui sont donc bien comparables entre elles. Les valeurs en question sont représentées dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : Illustration de l'influence du port en lourd sur les émissions spécifiques de CO₂ des bateaux de navigation intérieure dans les conditions cadres définies (Zöllner 2009)

Type de bateau	dW [t]	CO ₂ [g/tkm]
Péniche	366	47,1
Gustav Koenigs	935	31,3
Johann Welker	1272	17,6
Automoteurs	1900	6,4
Classe Jowi	3335	7,7

En partant des valeurs du **tableau 12**, une moyenne simplifiée permet d'émettre les hypothèses simplifiées présentées dans le **tableau 13**.

Tableau 13 : Émissions spécifiques présumées de CO₂ des bateaux de navigation intérieure

Catégorie de bateau	dW [t]	CO ₂ [g/tkm]
Bateau à cale sèche	1130	25
Bateau-citerne	1560	12

Pour les bateaux à cale sèche, on suppose en outre d'une manière simplifiée que les bateaux ayant des émissions spécifiques moyennes de 40 g/tkm et un port en lourd moyen de 700 t sortent du marché. Pour les bateaux-citernes, on peut supposer que les bateaux sortis du marché sont de plus grande taille que pour les bateaux à cale sèche. On suppose donc pour ceux-ci un port en lourd moyen de 1000 t et des émissions spécifiques moyennes de 27 g/tkm. Pour les deux catégories, on suppose que les nouvelles constructions arrivant sur le marché présentent des émissions spécifiques moyennes de 7 g/tkm et un port en lourd moyen de 3000 t. Avec ces valeurs, on peut déterminer les variations moyennes des émissions spécifiques relativement à l'augmentation du port en lourd moyen. Les résultats sont présentés dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Variations présumées des émissions spécifiques moyennes de CO₂ des bateaux de navigation intérieure relativement aux ports en lourd moyens

Catégorie de bateau		dW [t]	CO ₂ [g/tkm]	Δ CO ₂ [g/tkm] par dW [t]
Bateau à cale sèche	Anciens	700	40	0,014
	Nouveaux	3000	7	
Bateau-citerne	Anciens	1000	27	0,01
	Nouveaux	3000	7	

En multipliant les variations moyennes des émissions spécifiques par l'augmentation annuelle des ports en lourd moyens, on obtient une réduction des émissions spécifiques moyennes de 0,28 g par tkm et par an pour les bateaux à cale sèche et de 0,25 g par tkm et par an pour les bateaux-citernes. Rapporté aux valeurs du **Tableau 13**, on obtient ainsi des variations en pourcentage d'environ 1,1 % par an pour les bateaux à cale sèche et d'environ 2,1 % par an pour les bateaux-citernes.

Si les améliorations estimées ci-dessus des émissions spécifiques en raison de l'augmentation du port en lourd moyen devaient s'avérer pertinentes, cela confirmerait que la taille des bateaux constitue un facteur décisif dans la réduction des émissions de CO₂ de la navigation intérieure. Les améliorations ainsi obtenues sont également approximativement conformes à l'augmentation de la prestation de transport de la navigation intérieure (Ickert, Ulrike et al. 2007; ITP and BVU 2007). Si la croissance du port en lourd moyen des bateaux de navigation intérieure de ces dernières années se poursuit dans l'avenir, la baisse des émissions spécifiques de CO₂ qui en résultera pourra compenser l'augmentation des émissions en raison d'une prestation de transport éventuellement accrue de la navigation intérieure. En quelques mots, cela signifierait une augmentation de la prestation de transport sans augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

PLANCO a également examiné la réduction des émissions de CO₂ résultant de l'augmentation du port en lourd des bateaux et est parvenu à la conclusion que le besoin en énergie de la flotte de la navigation intérieure diminue au moins proportionnellement à l'augmentation du port en lourd moyen (PLANCO 2007). Toutefois, PLANCO n'a retenu qu'une augmentation d'environ 0,5 % par an et non d'environ 1,5 % par an comme la CCNR dans la **figure 5**. Cette différence peut résulter du fait que PLANCO n'a considéré que la flotte allemande, les données statistiques du Secrétariat de la CCNR incluant aussi des flottes qui évoluent plus rapidement. L'évolution des dimensions moyennes du bateau pourrait aussi dépendre du secteur d'exploitation. Sur les voies navigables sur lesquelles ne peuvent faire route que des bateaux relativement petits, il est probable que les dimensions moyennes n'augmenteront guère. A titre d'exemple peuvent être mentionnés ici les petits canaux en France. En revanche, le Rhin offre encore une grande marge de manœuvre pour une augmentation des dimensions moyennes.

L'étude qui précède constitue une analyse très simplifiée des relations entre la structure de la flotte et les émissions de gaz à effet de serre. Pour confirmer ses résultats, il serait souhaitable de ne pas envisager la taille moyenne des bateaux, mais séparément chaque catégorie de taille. Ces catégories de taille sont déjà définies. Les informations concernant l'évolution du nombre des bateaux dans chaque catégorie de taille sont également disponibles. Les calculs ne devraient pas s'appuyer sur des valeurs d'émissions spécifiques de CO₂ provenant d'une seule étude, comme on l'a fait ci-dessus, mais sur des valeurs provenant de plusieurs sources. De plus, il serait nécessaire de déterminer, pour l'ensemble des bateaux de chaque catégorie de taille, leur part de la prestation totale de transport de la navigation intérieure. On pourrait alors clarifier de manière fiable l'influence de la variation du port en lourd moyen ou encore de la taille des bateaux sur les émissions de CO₂.

Mesures relatives à l'exploitation des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

Le **tableau 15** récapitule et évalue les mesures d'exploitation pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Les informations et évaluations se fondent sur des études de la navigation maritime (Buhaug, Corbett et al. 2009; Miola, Ciuffo et al. 2010), sur le projet "EU Transport GHG: Routes to 2050?" (Hazeldine, Pridmore et al. 2009; Kampman, Rijkee et al. 2009), sur la base de données concernant les mesures correspondantes disponible sur le site internet de la CCNR (www.ccr-zkr.org), sur des exposés lors de l'atelier "Émissions de CO₂ de la navigation intérieure, Comment les mesurer? Comment les réduire?" de la CCNR le 12 avril 2011 (Kammertöns 2011; Koopmans 2011; Lutz and Gilles 2011; Savelkoul 2011), et sur d'autres sources (PLATINA 2009; van Kempen 2010). En l'absence d'informations concernant les potentiels de réduction, ceux-ci ont été estimés par le Secrétariat de la CCNR.

Le **tableau 15** montre que plusieurs mesures d'exploitation permettant de réduire la consommation de carburant et donc les émissions de CO₂ des bateaux de navigation intérieure sont disponibles. Les différents potentiels de réduction sont indiqués en parts de la consommation de carburant (en %). L'évaluation des mesures et en particulier les valeurs pour les potentiels de réduction sont fondamentalement soumises aux mêmes restrictions que celles observées à l'**annexe 6** pour les mesures relatives à la technique des bateaux. Les informations du **tableau 15** doivent donc être considérées avec une certaine réserve. Elles devraient cependant être utiles pour estimer le potentiel global de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de la navigation intérieure.

On peut cependant présumer qu'il existe des potentiels importants de réduction, qui concernent avant tout l'optimisation de la vitesse du bateau. Ceci est possible en particulier sur les voies navigables dont la largeur et les débits sont variables, par exemple sur le Rhin, mais moins sur les canaux qui présentent des conditions relativement constantes. Dans le cadre du programme Smart Steaming aux Pays-Bas ont été signalés de bons résultats avec l'utilisation de ces potentiels. Un autre fait notable est le grand nombre d'outils informatiques qui ont été depuis développés à cet effet et sont pour partie déjà commercialisés. L'appareil dit Tempomaat" est un tel moyen auxiliaire qui est déjà pris en compte dans le cadre de différents programmes de soutien. (Ceci est décrit de manière détaillée dans l'**annexe 9**) Etant donné que leurs potentiels en termes de réduction de la consommation de carburant et donc des émissions de gaz à effet de serre et autres émissions polluantes sont globalement reconnus et comme l'investissement dans de tels moyens auxiliaire est amorti très rapidement, leur installation et leur utilisation sur le Rhin ou pour la navigation intérieure européenne pourrait aussi être prescrite par la réglementation. Une étude d'impact aboutirait certainement à un résultat très positif.

Certaines mesures nécessitent l'assistance des autorités des voies navigables, comme par exemple la synchronisation des écluses et des ponts mobiles. En navigation conteneurs, l'optimisation de l'exploitation des terminaux dans les ports maritimes peut contribuer à une réduction sensible des émissions. Les émissions sont d'autant plus faibles que le bateau a moins de terminaux à desservir et qu'il doit moins manœuvrer pour ce faire. C'est particulièrement important pour les gros bateaux porte-conteneurs. (Pour les trafics entre terminaux, on peut utiliser des bateaux à propulsion hybride, voire à propulsion entièrement électrique.) D'une manière générale, on peut constater qu'il existe tout un faisceau de mesures possibles, parmi lesquelles le propriétaire du bateau peut choisir celles qui sont économiquement et techniquement les plus avantageuses pour son bateau et son usage.

Le conducteur est l'acteur déterminant en ce qui concerne la possibilité d'exploiter les potentiels de réduction sur le plan de l'exploitation. Par conséquent, sa formation, si possible au moyen de simulateurs appropriés, peut être considérée comme étant une mesure prioritaire pour la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ en navigation intérieure. Toutes les mesures indiquées dans le **tableau 15** peuvent être également mises en œuvre sur des bateaux existants.

Tableau 15 : Récapitulatif et évaluation des mesures relatives à l'exploitation des bateaux de navigation intérieure pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂

Mesure	Potentiel de réduction d'énergie / de CO ₂	État de développement	Champ d'application	Rentabilité	Commentaire/Évaluation
Optimisation de la vitesse du bateau par le conducteur					
"Smart steaming, just in time"	0 % à 30 %	Programmes publics subventionnés aux Pays-Bas, courant dans de nombreuses entreprises	Tous bateaux	Haute rentabilité grâce à des coûts minimaux	Mesures relatives à la technique des bateaux pour réduire la consommation de carburant et les émissions de CO ₂
Mesures utilisant des outils informatiques					
Optimisation de la vitesse à l'aide de systèmes d'aide à la décision	0 % à 15 %	Prêt à la commercialisation, fait l'objet de programmes de subventions	Tous bateaux, voire sauf ceux d'excursions journalières		Regroupement de diverses données sur la tâche de transport et les conditions de la voie d'eau, utilisation de la propre expérience et de celle des autres bateaux
Optimisation de la planification du voyage	0 % à 20 %	Prêt à la commercialisation	Tous bateaux, voire sauf ceux d'excursions journalières		Utilisation de l'ECDIS Intérieur et des avis à la batellerie
Optimisation par guidage automatique de la trajectoire	0 % à 10 %	Prototypes	Tous bateaux, voire sauf ceux d'excursions journalières		Choix de l'itinéraire optimal en fonction de la profondeur et du courant, réduction des ordres de commande (braquages de gouvernail)
Mesures concernant l'entretien du bateau					
Optimisation de l'entretien du moteur	0 % à 5 %	Courant	Tous bateaux		Des contrôles réguliers / travaux de maintenance seront de toute façon nécessaires pour préserver l'efficacité du système de post-traitement des gaz d'échappement (réduction des émissions de polluants)

Mesures concernant l'entretien du bateau					
Optimisation de l'entretien de l'hélice	0 % à 5 %	Courant	Tous bateaux		
Optimisation de l'entretien de la coque	0 % à 5 %	Courant	Tous bateaux		Vraisemblablement moins important en navigation intérieure qu'en navigation maritime
Autres mesures d'exploitation					
Optimisation de l'assiette du bateau	0 % à 5 %	Courant	Tous bateaux		
Optimisation des éclusages/passages de ponts	0 % à 15 %		Cours d'eau et canaux régulés		Synchronisation des écluses/ponts par leurs opérateurs pour le passage des bateaux ("passage au vert") ; réalisation à l'aide des SIF
Optimisation de l'exploitation dans les ports	0 % à 5 %		Navigation à marchandises		Les émissions spécifiques des bateaux porte-conteneurs notamment peuvent fortement augmenter s'ils desservent différents terminaux
Courant à terre	0 % à 5 %	Déjà courant dans de nombreuses aires de stationnement	Tous bateaux		Les bateaux de navigation intérieure à usage commercial ont aujourd'hui des temps de stationnement très courts, le potentiel de gain est donc très faible
Optimisation globale des mesures d'exploitation					
Formation sur simulateur		Des simulateurs appropriés sont disponibles ou en cours de construction	Tous bateaux		La formation sur simulateur permet une prise de conscience, compréhension et aptitude pour le choix de la vitesse optimale en fonction du transport à effectuer, de la profondeur du chenal et du courant

Smart Steaming

Les indications ci-après s'appuient sur des informations personnelles (de Vries 2012). Des informations supplémentaires peuvent être obtenues par l'intermédiaire du Bureau pour les projets de navigation (SPB) et le Centre de compétences et d'innovation pour la navigation intérieure (EICB) ⁴¹.

Introduction

Le programme Smart Steaming a été lancé en 2007 par le ministère néerlandais de l'infrastructure et de l'environnement. L'objectif principal du programme est d'aboutir à une réduction des émissions de CO₂ imputables au transport par voie de navigation intérieure en modifiant les aspects comportementaux de la navigation. La réduction des émissions de CO₂ a également un effet positif sur les coûts pour les petites et moyennes entreprises concernées, en raison de la réduction de la consommation de carburant. Depuis 2011 le Centre d'expertise et d'innovation pour la navigation intérieure Barging (DGCEI) a repris le programme du gouvernement néerlandais.

Résultats

Pour la période 2007 à 2010 une étude de suivi a été réalisée sur les résultats des premières années du programme. Le résultat annuel de 6,7 % dépasse l'objectif initial de réduction de 5 % des émissions de CO₂ par an. Le **tableau 16** comporte un aperçu des résultats par année :

Tableau 16 : Résultats par année bases sur la reduction de 6,7 % constatée

	No_x	NMVOS	PM	CO₂
	mln kg	mln kg	mln kg	mln kg
Réduction par rapport à 2007	1,742	0,241	0,0744	119,6
Economies en Euros par rapport à 2007	€ 18.465.200	€ 602.298	€ 3.049.170	€ 2.989.875

	Bénéfice social	Bénéfice pour les sociétés	Total
Economies après déduction du coût du programme	€ 21.916.881	€ 27.180.682	€ 49.097.563
Economies en Euros par rapport à 2007	€ 25.106.543	€ 27.180.682	€ 52.287.225

⁴¹ www.spb.binnenvaart.nl / www.eicb.nl

Teneur du programme

Le programme "Smart Steaming" comporte plusieurs volets; éducation, un outil de comparaison CO₂, une compétition et des mesures de communication.

Formation

Apprendre aux conducteurs à naviguer de la manière la plus efficace pour réduire la consommation de carburant constitue l'épine dorsale du programme. Les idées de base de Smart Steaming sont incorporées au programme d'enseignement normal destiné aux conducteurs. Pour les conducteurs plus expérimentés, un cours spécial est prévu pour enseigner les subtilités de la navigation économique.

Outil de comparaison CO₂

L'outil de comparaison CO₂ donne aux entreprises de la navigation intérieure une indication claire concernant la production de CO₂ de leurs bateaux. Outre des présentations de l'historique de la consommation de carburant et de la production de CO₂, cet outil offre aussi à l'utilisateur la possibilité de comparer son bateau à ceux du marché (partiel). L'outil de comparaison peut être utilisé par les entreprises de la navigation intérieure afin de mettre à la disposition de leurs chargeurs davantage d'indications concernant leur production de CO₂. L'outil a été mis au point en 2012 et sera introduit en 2013.

Compétition

Quel bateau est le plus propre ? Telle est l'idée de base de la compétition concernant le carburant en navigation intérieure. Les bateaux et leurs équipages sont en compétition les uns par rapport aux autres. Il est prouvé qu'un contexte de compétition constitue un environnement très stimulant pour naviguer de la manière la plus économique possible. Au cours de la première année de participation des bateaux à la compétition, la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ est d'environ 20 %. Au cours des prochaines années, l'outil sera converti en "outil de classement", où le participant pourra voir où il se situe par rapport à l'intégralité du marché.

Communication

L'idée centrale de "Smart Steaming" est de modifier le comportement des conducteurs afin qu'ils soient plus économes et plus respectueux de l'environnement. La communication sur la manière dont le conducteur peut atteindre cet objectif revêt une grande importance. Les aspects suivants font l'objet d'une communication active vis-à-vis des groupes ciblés:

- Trucs et astuces pour une navigation économique ;
- Calcul des bénéfices économiques prévus ;
- Utilisation de moyens techniques auxiliaires.

Plate-forme des parties prenantes "Smart Steaming"

Les mesures pour une navigation efficace font l'objet d'une communication par une plate-forme des parties prenantes composée d'entreprises de la navigation intérieure et d'autres parties intéressées. L'objectif de la plate-forme est de promouvoir le programme "Smart Steaming" en assurant une attention suffisante de la part des médias et par l'organisation d'événements.

Déploiement à l'échelle européenne

Les résultats du programme "Smart Steaming" sont si positifs qu'il serait très utile que d'autres Etats d'Europe introduisent le programme. Dans une perspective européenne, le programme peut être étendu à un niveau plus élevé et demeurera intéressant pour les participants actuels. Les principaux objectifs dans les autres Etats seront les aspects éducatifs du "Smart Steaming".

Carburants du futur pour les transports
Rapport du groupe d'experts européens sur les carburants du futur pour les transports, janvier 2011
Synthèse
(Repris de (Fuels 2011))

Actuellement, l'alimentation en énergie pour les transports, en particulier pour le transport routier, est dominée par le pétrole ..., dont les réserves avérées ne sont censées durer qu'environ 40 ans La combustion des carburants dérivés du pétrole produit des émissions de CO₂ et, bien que le rendement énergétique des nouveaux véhicules se soit amélioré, de sorte qu'ils émettent nettement moins de CO₂, les émissions totales de CO₂ imputables aux transports ont augmenté de 24 % entre 1990 et 2008, représentant 19,5 % des émissions totales de gaz à effet de serre de l'Union Européenne (UE).

L'objectif de l'UE est une réduction globale des émissions de CO₂ de 80 à 95% d'ici à 2050, par rapport au niveau de 1990. La décarbonisation des transports et le remplacement du pétrole doivent donc être tous deux réalisés d'ici 2050. L'amélioration du rendement énergétique des transports et la gestion des volumes transportés sont nécessaires pour aider à réduire les émissions de CO₂ tant que dure la domination des carburants fossiles, et pour permettre des ressources renouvelables finies afin de satisfaire à long terme la demande totale d'énergie des transports.

Les carburants alternatifs envisageables pour remplacer le pétrole sont :

L'électricité/hydrogène, et les **biocarburants (liquides)** comme options principales

Les carburants synthétiques comme pont technologique entre les carburants fossiles et les carburants à base de biomasse

Le méthane (gaz naturel et biométhane) comme carburant complémentaire

Le GPL à titre accessoire

L'électricité et **l'hydrogène** sont des vecteurs énergétiques universels et peuvent être produits à partir de toutes les sources d'énergie primaires. Les deux approches peuvent être théoriquement exemptées de CO₂ ; l'intensité de CO₂ dépend du mix énergétique pour la production. La propulsion utilise des moteurs électriques. L'énergie peut être fournie par trois approches principales :

Électrique sur batterie, l'électricité provenant du réseau étant stockée à bord des véhicules dans des batteries. Le transfert d'énergie entre le réseau et les véhicules nécessite de nouvelles infrastructures et une gestion de l'alimentation. L'application est limitée au transport ferroviaire et à des transports routiers à courtes distances. Les principales priorités sont le développement de batteries à haute densité énergétique à un coût compétitif, et la construction d'infrastructures pour les recharger.

Piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène, utilisées pour la production d'énergie à bord des véhicules. La production, la distribution et le stockage de l'hydrogène nécessitent de nouvelles infrastructures. L'application est improbable pour l'aviation et les transports routiers à grandes distances. Les principales priorités sont le développement de piles à combustible à un coût compétitif, le stockage de l'hydrogène à bord et une infrastructure stratégique pour l'avitaillement.

Caténaire/troisième rail pour les tramways, métros, trains et trolleybus, l'électricité étant tirée directement du réseau, sans stockage intermédiaire.

Les biocarburants pourraient techniquement remplacer le pétrole dans tous les modes de transport, en utilisant les technologies de propulsion existantes et les infrastructures de ravitaillement existantes. L'utilisation des ressources de la biomasse peut également permettre de décarboner les carburants synthétiques, le méthane et le GPL. Les biocarburants de première génération sont à base de cultures végétales classiques, de graisses animales, d'huiles de cuisson usagées. Ils comprennent le biodiesel (EMAG), le bioéthanol et le biométhane. Les biocarburants avancés et de seconde génération sont produits à partir de déchets et de charges lignocellulosiques. Ils comprennent le bioéthanol, l'huile végétale hydrotraitée (HVO), les alcools à haut poids moléculaire, le diméthyléther (DME), le carburant BTL (transformation de biomasse en liquide) et le biométhane.

La production de biocarburants à partir de cultures végétales tant alimentaires qu'énergétiques est limitée par les disponibilités en surface agricole et en eau, par les rendements en énergie et en coproduits, et par des considérations de durabilité telles que la comptabilisation des émissions de CO₂ sur toute la durée de vie. Les biocarburants de seconde génération produits à partir de déchets et de résidus sont également limités par la disponibilité de ces matériaux.

Les principales priorités sont le développement du potentiel de charges et de processus de production optimisés. Un cadre politique de soutien au niveau de l'UE et des normes harmonisées pour les biocarburants dans toute l'UE sont des éléments-clés pour le futur essor de biocarburants durables.

Les carburants synthétiques, remplaçant le carburant diesel et le carburant pour moteurs à réaction, peuvent être produits à partir de différentes charges par transformation de biomasse en liquide (BTL), de charbon en liquide (CTL) ou de gaz en liquide (GTL). Les huiles végétales hydrotraitées (HVO), de nature paraffinique similaire, peuvent être produites en hydrotraitant des huiles végétales et des graisses animales. Les carburants synthétiques peuvent être distribués, stockés et utilisés avec les infrastructures et les moteurs existants. Ils offrent une option à un coût compétitif pour remplacer les carburants à base de pétrole, avec la perspective d'améliorer encore les performances du système avec des moteurs spécifiquement adaptés aux carburants synthétiques. La principale priorité est le développement d'usines à l'échelle industrielle pour la production de carburants synthétiques dérivés de la biomasse à un coût compétitif, tandis que les efforts doivent être poursuivis pour améliorer la balance en CO₂ du GTL et en particulier du CTL. Le diméthyléther (DME) est un autre carburant synthétique produit à partir de ressources fossiles ou de biomasse par gazéification (gaz synthétique), qui nécessite une modification modérée des moteurs.

Le méthane peut être obtenu à partir de gaz naturel fossile ou de biomasse et de déchets (biométhane). Le biométhane devrait être de préférence injecté dans le réseau gazier général. Les véhicules fonctionnant au méthane pourraient alors être alimentés à partir d'un unique réseau. Des infrastructures de ravitaillement supplémentaires doivent être construites afin d'assurer une alimentation étendue. La propulsion utilise des moteurs similaires à ceux pour les carburants à base d'hydrocarbures liquides. Le méthane sous forme de gaz comprimé (GNV) est une option improbable quand on a besoin d'une haute densité énergétique. Le gaz de méthane liquéfié (GNL) pourrait être alors une option envisageable. Les principales priorités sont des normes harmonisées pour injecter le biométhane dans le réseau gazier et la construction d'infrastructures de ravitaillement dans toute l'UE.

Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) est un sous-produit de la chaîne de production de carburants à base d'hydrocarbures, qui provient actuellement du pétrole et du gaz naturel mais pourrait aussi provenir dans l'avenir de la biomasse. Le GPL est actuellement le carburant alternatif le plus utilisé en Europe, il propulse 5 millions de voitures et représente 3% de la consommation de carburant pour les voitures. L'infrastructure de base est en place, avec plus de 27 000 stations de ravitaillement public.

Les solutions à carburant unique couvrant tous les modes de transport seraient techniquement possibles avec les carburants synthétiques et les biocarburants liquides. Mais la disponibilité des charges et des considérations de durabilité limitent leur potentiel d'approvisionnement. Il est donc plus probable que la future demande d'énergie ne pourra pas être satisfaite par un seul carburant. Les défis posés par la demande de carburant et les gaz à effet de serre nécessiteront de faire appel à une grande variété d'énergies primaires. Il existe un large consensus sur le fait qu'on aura besoin de tous les carburants durables pour résoudre les tensions attendues de la demande.

Les principaux carburants alternatifs devraient être disponibles dans toute l'UE avec des normes harmonisées, afin de garantir la libre circulation de tous les véhicules dans l'ensemble de l'UE. Les mesures incitatives pour les principaux carburants alternatifs et les véhicules correspondants devraient être harmonisées dans toute l'UE afin d'éviter des distorsions du marché et d'assurer des économies d'échelle soutenant l'introduction rapide de ces carburants sur le marché.

Les principaux carburants alternatifs envisagés devraient être produits à partir de sources à faible teneur en carbone, et finalement dépourvues de carbone. Le remplacement du pétrole par ces carburants conduit intrinsèquement à une décarbonisation des transports, si le système énergétique est décarboné. La décarbonisation des transports et la décarbonisation de l'énergie doivent être considérées comme deux lignes stratégiques complémentaires, étroitement liées mais découplées et nécessitant des approches techniques différentes pour un développement consistant.

Les différents modes de transport nécessitent des options différentes de carburants alternatifs :

Le transport routier pourrait être propulsé par l'électricité pour les courtes distances, par l'hydrogène et le méthane jusqu'aux moyennes distances, et par les biocarburants/carburants synthétiques, le GNL et le GPL jusqu'aux longues distances.

Les voies ferrées devraient être électrifiées partout où cela est réalisable, et pour le reste utiliser les biocarburants.

L'aviation devrait utiliser du kérosène dérivé de la biomasse.

Le transport par voies d'eau devrait utiliser les biocarburants (tous bâtiments), l'hydrogène (navigation intérieure et petits navires), le GPL (cabotage), le GNL et l'énergie nucléaire (transport maritime).

(Remarques de l'auteur : Le rapport Fuels, dont le résumé commenté est présenté ci-avant, offre une bonne base pour les discussions portant sur les carburants utilisés à l'avenir en navigation intérieure et pour l'élaboration d'une stratégie pour les carburants applicable à tous les modes de transport. Le rapport ne semble toutefois prendre en compte les développements en navigation intérieure que de manière limitée, comme en témoigne la non prise en compte de l'utilisation de GNL en navigation intérieure dans le résumé ci-avant. Le rapport devrait par conséquent être utilisé en liaison avec la **section 11** du présent rapport, laquelle prend en compte les spécificités et les évolutions actuelles de la navigation intérieure).

Mesures de régulation pour la protection du climat en navigation maritime : EEDI, EEOI, SEEMP

"Par sa résolution A.963(23) de l'année 2003, l'assemblée plénière de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a chargé le Comité pour la Protection de l'Environnement Marin (CPEM) de développer des mécanismes pour réduire les émissions de gaz provenant des bateaux. Le calendrier de travail fixé à cet effet s'étendait jusqu'en 2011. En 2008, le CPEM a mis au point à cet effet des outils de régulation techniques et opérationnels :

- L'application d'un indice de conception d'efficacité énergétique (Energy Efficiency Design Index - EEDI) comme synthèse des mesures techniques pour réduire les émissions,
- L'indice opérationnel d'efficacité énergétique (Energy Efficiency Operational Index - EEOI) comme synthèse des mesures pour une exploitation des bateaux pauvre en rejets de CO₂,
- Le plan de gestion d'efficacité énergétique pour les bateaux (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP).

Une méthodologie provisoire pour le calcul de l'EEDI et la réalisation d'un SEEMP a été adoptée en 2009, mais n'a pas encore été définitivement arrêtée. En 2010, lors de la 60^{ème} assemblée du MEPC, il a été décidé d'inclure impérativement l'EEDI et le SEEMP dans MARPOL à l'annexe VI.

L'EEDI exprime l'efficacité énergétique au stade de la conception d'un bateau. Il estime les émissions d'un bateau, calcule sa puissance de propulsion et la consommation spécifique de carburant par rapport à sa capacité de transport (= capacité de chargement x vitesse) et à la dimension g CO₂/ tsm capacité (dans laquelle la capacité désigne le port en lourd). Pour chaque bateau, le numérateur est complété par des facteurs tenant compte des conditions d'exploitation, d'éléments spécifiques de conception et de l'utilisation de technologies innovantes en matière d'efficacité énergétique :

$$EEDI = \frac{Power * spec. fuel cons. * Emission factor}{Capacity * Speed}$$

L'EEDI exprime les émissions d'un bateau en fonction de conditions spécifiques d'exploitation et d'utilisation ou "EEDI de conception" qui est déterminé au moment de la classification et qui n'est revu qu'en cas de modification de la conception du bateau. L'OMI doit déterminer un niveau de référence EEDI contraignant pour analyser les données de la flotte existante pour les différentes catégories de bateaux sous forme de courbe de régression. Le niveau de référence devra ensuite être progressivement diminué. ...

Il traduit insuffisamment la diversité des catégories de bateaux. La possible amélioration de l'EEDI d'un bateau soulève aussi la question du coût lié à la sécurité (p.ex. réserve de puissance insuffisante, poids d'acier réduit). Dans l'ensemble, il est considéré comme un indicateur potentiellement approprié pour évaluer l'efficacité énergétique de la conception d'un bateau, mais encore insuffisamment au point et nécessitant des essais supplémentaires. ... En juin 2010, un premier certificat EEDI a été attribué par le Germanischer Lloyd à un bateau conteneur de la Hapag Lloyd. ...

L'application de l'EEDI n'est prescrite que pour les nouvelles constructions de bateaux, excluant ainsi une grande partie de la flotte. ...

L'indice opérationnel d'efficacité énergétique EEOI résulte de la même réflexion sur le rapport entre les coûts (émissions) et l'utilité que pour l'EEDI. Il est défini comme :

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{\text{carbon}}}{\sum_i m_{\text{cargo},i} \times D_i}$$

- FC_i – Consommation de carburant pendant le voyage i ;
 C_{carbon} – Teneur en carbone du combustible ;
 $m_{\text{cargo},i}$ – Volume de cargaison pendant le voyage i ;
 D_i – Durée du voyage i .

L'unité de mesure de l'EEOI est le nombre de g CO₂ par mille de cargaison transportée (généralement exprimé en tonnes, d'autres unités étant possibles). La valeur de l'EEOI dépend ainsi en grande partie de l'utilisation maximale réelle de la capacité de chargement d'un bateau et varie par conséquent en fonction de la conjoncture économique maritime. Les propriétés et la composition des cargaisons sont également susceptibles de provoquer d'importantes fluctuations de l'indice, si bien que le calcul d'une valeur limite obligatoire ne semble guère possible. Un autre problème est lié au fait que les émissions résultant de l'utilisation d'un bateau sont déterminées par les décisions du donneur à fret et non de l'armateur. L'OMI recommande par conséquent d'utiliser l'EEOI comme mesure volontaire pour l'évaluation de la performance d'un bateau par un armateur ou un exploitant ...

Le plan de gestion d'efficacité énergétique pour les bateaux (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP) est un plan cadre structurant pour une exploitation énergétiquement efficace des bateaux, pour la surveillance des performances des bateaux et pour l'identification des améliorations possibles. Pour atteindre cet objectif sont notamment mentionnées les mesures suivantes :

- Optimisation du voyage selon les conditions météorologiques, de courants et de marées ;
- Optimisation de l'assiette du bateau ;
- Surveillance et entretien de la coque et des hélices ;
- Contrôle en temps réel et optimisation des paramètres du bateau ...

Le SEEMP poursuit l'idée d'un cycle continu d'améliorations avec les phases suivantes :

1. Planification (planifier) ;
2. Mise en œuvre (faire) ;
3. Suivi des performances et auto-évaluation (contrôler) ;
4. Amélioration (agir).

L'EEOI peut être utilisé dans le cadre du SEEMP pour la surveillance. Le SEEMP se rattache aux mécanismes prévus dans le Code ISM (Code international de gestion de la sécurité et de la prévention de la pollution) ... Il prévoit l'obligation de détenir les documents adéquats, mais pas d'exigences concernant la teneur des déclarations.

L'efficacité potentielle des options de régulations est évaluée comme suit :

- Une valeur limite contraignante de l'EEDI pour les nouvelles constructions est une solution économiquement efficace, mais a un impact limité sur la croissance de la flotte marchande mondiale (voir les points critiques cités ci-avant) ;
- La déclaration obligatoire ou volontaire de l'EEOI n'est efficace que dans le cadre de systèmes incitatifs ;
- L'utilisation obligatoire ou volontaire d'un SEEMP permet de sensibiliser à l'efficacité économique des mesures visant à réduire les émissions, mais ne conduit pas en elle-même à une réduction des émissions ;
- Des valeurs limites contraignantes pour l'EEOI associées à des sanctions pourraient être très efficaces, mais sont techniquement très difficiles à mettre en œuvre. ..." (Jahn 2010a)

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

C'est la politique qui fixe les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, comme par exemple la Commission européenne - de même que la profession internationale de la navigation. Les experts ont identifié un grand nombre de mesures susceptibles de contribuer à une réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les potentiels de réduction de ces mesures sont-ils suffisants pour atteindre les objectifs de réduction des émissions envisagés ?

Afin d'obtenir une réponse provisoire à cette question est présenté ci-après un modèle mathématique simple pour l'estimation du volume absolu des émissions de gaz à effet de serre imputables à l'exploitation de bateaux de la navigation intérieure. Ce modèle permet de prendre en compte la réduction des émissions résultant des différentes catégories de mesures. Dans un deuxième temps sont présentés, sur la base d'estimations de différents potentiels de réduction, de possibles scénarios pour l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en navigation intérieure. Le modèle porte d'abord uniquement sur la navigation à marchandises. De manière générale, l'objectif est toutefois de compléter aussi les données concernant la navigation à passagers afin de pouvoir estimer de manière fiable la part des émissions qui lui sont imputables.

Le modèle utilisé pour l'estimation du total des émissions résultant de l'exploitation de bateaux à marchandises, qui ne reflète que de manière très simplifiée les corrélations réelles, prend en compte les paramètres suivants :

- Evolution de la prestation de transport (exponentielle),
- Potentiel de réduction de la consommation d'énergie par la mise en œuvre de mesures techniques (estimation chiffrée),
- Potentiel de réduction de la consommation d'énergie par la mise en œuvre de mesures opérationnelles (estimation chiffrée),
- Potentiel de réduction de la consommation d'énergie par l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux (estimation chiffrée),
- Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre par l'utilisation de GNL,
- Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre par l'utilisation de biocarburants (estimation chiffrée),
- Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre par l'utilisation d'énergie électrique, y compris l'hydrogène et E-Gaz (estimation chiffrée).

Le modèle de calcul et les scénarios ne portent que sur les émissions de CO₂. Les valeurs pour d'autres gaz à effet de serre ont été converties en équivalents CO₂ (Ceci concerne essentiellement le méthane). Ci-après est présenté le modèle de calcul et le **tableau 17** décrit les opérandes et les désignations.

$$C_{Zukunft} = L_{Basis} * (1 + x)^n * c_{Basis} * (1 - r_T) * (1 - r_O) * (1 - r_D) * [(1 - r_{LNG}) * G_{LNG} + (1 - r_{Bio}) * G_{Bio} + (1 - r_{EE}) * G_{EE} + (1) * G_{OI}]$$

Tableau 17 : Opérandes et désignations retenues dans le modèle de calcul pour les scénarios d'émissions

Indices		
	Désignation	Commentaire
T	Technique	Afin de caractériser les potentiels de réduction
O	Exploitation	
D	Port en lourd	
Huiles	Huiles (diesel, gaz-oil)	Afin de caractériser les potentiels de réduction et les quotes-parts de la totalité de l'énergie consommée
LNG	Gaz naturel liquéfié	
Bio	Biocarburants	
EE	Energie électrique	
Base	Valeur et année de référence	Afin de caractériser la prestation de transport pour la situation de référence
Futur	Valeur et année cible	Afin de caractériser le total des émissions pour l'année cible

Opérandes			
	Objet	Unité de mesure	Commentaire
L	Prestations tkm	t/km	Prestation de transport de la navigation à marchandises par an
C	Masse des émissions de gaz à effet de serre	t	Total des émissions de CO ₂ par an
c	Émissions spécifiques de gaz à effet de serre	g/tkm	
r	Facteur de réduction		Pour indiquer les potentiels de réduction, par exemple une baisse de 10 % des émissions se traduit par $r = 0,1$
G	Total normalisé de l'énergie consommée lors de l'exploitation des bateaux		Pour décrire les quotes-parts des différentes sources d'énergie par rapport au total de l'énergie consommée ; la somme des parts équivaut à 1
x	Augmentation moyenne annuelle de la prestation de transport		Pour indiquer le taux moyen de hausse, par ex. une hausse de 2% de la prestation de transport se traduit par $x = 0,02$
n	Nombre d'années		Années entre l'année de référence (année de départ) et l'année considérée (année cible)

Le modèle est utilisé pour décrire deux scénarios de la navigation intérieure d'Europe occidentale, l'un avec une estimation conservatrice des potentiels de réduction et l'autre avec une estimation optimiste. Les deux scénarios sont modélisés pour une faible hausse de la prestation de transport de la navigation intérieure et pour une hausse importante. Pour la faible hausse est retenue la valeur de 1 % par an, ce qui correspond globalement aux prévisions concernant l'évolution des prestations de transport en Allemagne (Prograns 2007) (ITP and BVU 2007). Pour la hausse importante est retenue la valeur de 3 %, ce qui reflète l'objectif de la Commission européenne en termes de gains de parts de marché dans le Modal Split pour la navigation intérieure (UE 2011b). En tant qu'année de base ou de référence est retenue l'année 2010 et en tant qu'année considérée ou année cible est retenue l'année 2050.

Pour les valeurs constantes dans les scénarios sont retenues les valeurs ci-après. $L_{Basis} = 120$ Mrd. tkm; $C_{Basis} = 25$ g/tkm; $n = 40$. La prestation de transport retenue en tant que base correspond aux données les plus récentes disponibles pour les principaux États d'Europe occidentale possédant une navigation intérieure. La valeur retenue pour les émissions spécifiques résulte d'une estimation sommaire qui devra être vérifiée. (Voir à cet égard la **section 5.1**).

Pour les scénarios sont utilisées les valeurs variables qui figurent dans le **tableau 18**. Les estimations pour les potentiels de réduction reflètent les conclusions des considérations figurant aux **sections 8, 9 et 10**. En outre est retenu le principe que la croissance de la flotte se poursuivra durant encore deux décennies avant que ne soient atteintes des limites. Ces limites résultent d'aspects économiques et logistiques, mais aussi des dimensions des voies navigables et des dimensions autorisées pour les bateaux. En outre est retenu le principe qu'en cas de hausse plus élevée du total de la demande de transport par bateau de la navigation intérieure, le port en lourd moyen des bateaux sera supérieur, une meilleure situation économique autorisant davantage d'investissements dans des bateaux neufs et généralement plus grands.

Tableau 18 : Valeurs variables retenues pour les différents scénarios

	Scénario conservateur		Scénario optimiste	
	Faible croissance	Forte croissance	Faible croissance	Forte croissance
X	0,01 (1 %)	0,03 (3 %)	0,01 (1 %)	0,03 (3 %)
r_T	0,2 (20 %)		0,4 (40 %)	
r_O	0,1 (10 %)		0,3 (30 %)	
r_D	0,2 (20 %)	0,4 (40 %)	0,2 (20 %)	0,4 (40 %)
r_{LNG}	0,1 (10 %)		0,1 (10 %)	
r_{Bio}	0,35 (35 %)		0,6 (60 %)	
r_{EE}	0,7 (70 %)		0,9 (90 %)	
G_{LNG}	0,5 (50 %)		0,5 (50 %)	
G_{Bio}	0,15 (15 %)		0,4 (40 %)	
G_{EE}	0,05 (5 %)		0,1 (10 %)	
G_{OI}	0,3 (30 %)		0 (0 %)	

Le **tableau 19** comporte les résultats des calculs modélisés. Les émissions pour la situation de base (base : année 2010) et pour l'année cible sont indiquées en valeur absolue. Pour l'année cible sont en outre indiquées pour les différents scénarios les modifications par rapport à la base, exprimées en %. En raison de la simplicité de ce modèle et des estimations peu précises des valeurs de base, les résultats ne peuvent guère refléter davantage qu'une tendance.

Tableau 19 : Estimation du total des émissions globales de CO₂ résultant de l'exploitation de bateaux de la navigation intérieure dans les États d'Europe occidentale pour différents scénarios

Scénario		Croissance	Total des émissions de CO ₂ dues à l'exploitation	
			Tonnes par an	Modification par rapport à la base
2010	Base		3.000.000	
2050	Conser- vateur	Faibles	2.220.000	- 26 %
		Majuscules	3.650.000	+ 22 %
	Optimiste	Faibles	930.000	- 69 %
		Majuscules	1.529.000	- 49 %

Comment peuvent être interprétés les résultats des calculs modélisés qui figurent dans le tableau 19 ? Pour le scénario conservateur, avec lequel les réductions des émissions résultent surtout de l'utilisation de GNL et de l'augmentation du port en lourd moyen des bateaux, les émissions globales demeurent à peu près constantes même en cas d'augmentation de la prestation de transport. Avec une faible augmentation de la prestation de transport, les mesures de réduction surcompensent l'augmentation des émissions en raison d'une prestation de transport plus élevée, les émissions globales diminuant d'environ un quart. Avec une prestation de transport supérieure, la compensation n'est plus possible et les émissions globales augmentent de près d'un quart. Pour le scénario optimiste en revanche, dans lequel le gazole est entièrement remplacé par des carburants alternatifs, les émissions diminuent d'environ deux tiers en cas de faible hausse de la prestation de transport et environ de moitié en cas d'augmentation plus importante de la prestation de transport. Ceci permet de formuler les conclusions suivantes :

- Une application étendue des mesures techniques et opérationnelles visant à économiser de l'énergie, y compris l'utilisation de GNL en tant que carburant, 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 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 du volume absolu des gaz à effet de serre résultant de l'exploitation des bateaux de la navigation intérieure en cas de hausse simultanée et continue des prestations de transport de marchandises sera possible lorsque seront utilisés aussi à grande échelle, outre le GNL, des biocarburants et des carburants produits au moyen d'énergies renouvelables.

Le modèle de calcul ci-avant est très simple et les scénarios sont basés sur des estimations peu précises. Il conviendrait par conséquent que le modèle soit validé par des experts des milieux scientifiques et notamment des secteurs économiques concernés. Il pourrait ensuite constituer un outil précieux pour la détermination d'objectifs de protection du climat, de stratégies, par exemple pour les carburants utilisés à l'avenir par les bateaux de la navigation intérieure et des programmes pour une navigation intérieure respectueuse du climat.

Dans le cas présent, le modèle a été utilisé afin de développer des scénarios pour la navigation intérieure d'Europe occidentale. Une modification des paramètres d'entrée permet aussi une utilisation pour des secteurs de navigation sélectionnés ou pour de petites flottes. A titre d'exemple, lors de l'élaboration de scénarios pour des voies navigables sur lesquelles ne peuvent être exploités que des bateaux de petites dimensions, on pourrait considérer que la hausse du port en lourd des bateaux serait faible voire inexistante.

Bibliographie

- ADEME (2006). Etude sur le niveau de consommation de carburant des unites fluviales francaises, ADEME, VNF, TL&A.
- Ahrens, R. (2011). Biokraftstoffe sind weltweit ein Hit. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **36**.
- Alvik, S., M. Eide, et al. (2010). Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030. Høvik, Norway, DNV (Det Norske Veritas AS).
- Andersen, P. (2011). Reduzierung der CO₂-Emissionen durch dieselelektrische Antriebe des Neubaus eines Kabinenschiffes. CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt - Wie sind sie zu messen? Wie zu reduzieren? Strasbourg, Zentralkommission für die Rheinschifffahrt: 12.14.2011.
- Arntz, H. J. G. J. (2010). IVR Report on the impact on implementaion of low sulphur fuel in seagoing per 1-1-2010 and inland navigation per 01-01-2011 from a practice viewpoint. Rotterdam, IVR.
- BMW (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung
28. September 2010. Berlin, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Borken-Kleefeld, J. and R. Sausen (2011). "Wieviel tragen "klassische" Luftschadstoffe zu globalen Erwärmung bei?" Internationales Verkehrswesen **63**(1).
- Brons, M. and P. Christidis (2011). External cost calculator for Marco Polo freight transport proposals.
- Buhag, Ø., J. J. Corbett, et al. (2009). Second IMO GHG Study 2009. London UK, International Maritime Organization (IMO).
- Bundesregierung (2004). Die Kraftstoffstrategie - Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe. Berlin, Presse und Informationsamt der Bundesregierung.
- CEMT (2000). Sustainable Transport Policies. C. o. Ministers. Paris, European Conference of Ministers of Transport.
- Christophel, C. D. (2011). Reduzierung der CO₂-Emissionen durch diesel-elektrische Antriebe am Beispiel eines bestehenden Motorgüterschiffes. CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt - Wie sind sie zu messen? Wie zu reduzieren? Strasbourg.
- Commission, E. (2011). Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels.
- Consuegra, S. C. and M. S. M. Paalvast (2010). Sustainability in Inland Shipping, The use of LNG as Marine Fuel. Delft, Delft University of Technology.
- Contargo (2011). Der CO₂ Fussabdruck eines Containertransports. Contargo.
- Croo, H. (2011). Parallel Workshop 3 - Propulsion-related measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Csutora, M. (2012). "One More Awareness Gap? The Behaviour–Impact Gap Problem." Journal of Consumer Policy **35**.
- de Grave, H. and M. Van Wirdum (2006). Brandstofbesparende en CO₂-reducerende technieken in de binnenvaart. B. I. Binnenvaart and SenterNovem. Rotterdam, Bureau Innovatie Binnenvaart.
- de Jong, J. (2010). Electric ship. Barge to Business. Brussels.
- de Schepper, K. (2011). Parallel Workshop 1 - Methods to determine the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? - Workshop of the CCNR. Strasbourg.
- de Vries, A. J. (2012). Programm „Smart Steaming“. G. Pauli.
- de Wilde, H. and E. Weijers (2008). Schone rondvaart Amsterdam - Een verkenning van technische en beleidsmatige mogelijkheden, ECN.
- den Boer, E., M. Otten, et al. (2011). STREAM International Freight 2011 - Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database. Delft, CE Delft.
- DENA (2011). Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland –Voruntersuchung. Berlin, Deutsche Energie-Agentur.
- Denier van der Gon, H. and J. Hulskotte (2010). Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands - A documentation of currently used emission factors and data on related activity. BOP reports. AH Bilthoven, The Netherlands, Netherlands Environmental Assessment Agency, (PBL).
- Eder, S. W. (2011). Klage auf Schadensersatz wegen CO₂-Emissionen. VDI-Nachrichten. Düsseldorf, VDI-Verlag.

- Elkins, P., F. Kesicki, et al. (2011). Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution. London, UCL Energy Institute.
- Essen, v., Rijke, et al. (2009). Modal split and decoupling options. Paper 5 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc.
- EU (2011a). White Paper - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system – Presidency's Synthesis of Member States' views, Council of the European Union.
- EU (2011b). White Paper 'Roadmap to a single European transport area — Towards a competitive and resource-efficient transport system'. E. C.-I. f. E. a. Sustainability. Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- EU (2011d). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT - Accompanying the White Paper - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussel, European Commission.
- EU (2012). Towards "NAIADES II" - Promoting, greening and integrating inland waterway transport in the single EU transport area. E. Commission. Brussels, European Commission.
- EU (2012a). Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. E. Kommission. Brüssel.
- Eurostat. (2009). "Transport modal breakdown." Retrieved 12.8., 2011, from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Transport_modal_breakdown.
- Faber, J., B. Behrends, et al. (2011). Analysis of GHG Marginal Abatement Cost Curves. Delft, CE Delft.
- Fuels (2011). Future Transport Fuels, European Expert Group on Future Transport Fuels.
- Fuels (2011a). Infrastructure for Alternative Fuels. E. E. G. o. F. T. Fuels.
- Geerts, S., B. Verwerft, et al. (2010). Improving the efficiency of small inland vessels. European Inland Waterway Navigation Conference. Baja, Hungary.
- Georgakaki, A. and S. C. Sorenson (2004). Report on Collected Data and Resulting Methodology for Inland Shipping. Lyngby, Denmark, Technical University of Denmark.
- Geringer, B. and W. K. Tober (2010). auto-umwelt.at. Wien, Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK).
- Guesnet, T. (2011). Energy efficiency of inland water ships - and how to improve it. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Hausberger, S. N₂O aus mobilen Quellen. ACCC-Workshop „N₂O und das Kyoto-Ziel.
- Hazeldine, T., A. Pridmore, et al. (2009). Technical Options to reduce GHG for non-Road Transport Modes. Paper 3 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc. EU Transport GHG: Routes to 2050?, European Commission.
- Heidelberg, I.-., Öko-Institut, et al. (2011). "Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, Methodology and Data Update." Retrieved 13 October 2012, from http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf.
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, et al. (1996). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press; Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Ickert, L., M. Ulrike, et al. (2007). Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050. Basel, prograns.
- IEA (2011a) "The age of cheap energy is over, IEA Executive Director warns."
- IEA (2011b) "Biofuels can provide up to 27% of world transportation fuel by 2050, IEA report says - IEA 'roadmap' shows how biofuel production can be expanded in a sustainable way, and identifies needed technologies and policy actions."
- IFEU (2011). Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE/RMCON.
- IMO (2009). Report of the Marine Environment Protection Committee on its Fifty-Ninth Session London, IMO.
- INE, EBU, et al. (2011). Setting the course - A new transport policy. E. S. O. European Barge Union, Inland Navigation Europe. Brussels.

- ITP and BVU (2007). Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025 - Kurzfassung. München/Freiburg.
- Jahn, C. (2010). Klimaschutz und Seeschifffahrt. Bonn, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- Jahn, C. (2010a). Regulierungsmaßnahmen zum Klimaschutz in der Seeschifffahrt: EEDI, EEOI, SEMP. Bonn, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung
- Jansen, F., I. Jansen, et al. (2010). VOF AMULET -ECOTANKER: Sail the Green way, and reduce CO₂. Barge to Business. Brussels.
- Kammertöns, O. (2011). CO₂ reduction due to "topography orientated" voyage-planning and navigation - Prerequisites of ship handling simulators as training tool. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Kampman, B., X. Rijkee, et al. (2009). Operational options for all modes. Paper 4 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc.
- Knörr, W., C. Heidt, et al. (2011). Aktualisierung der Emissionsfaktoren und Verkehrsleistungen von Binnenschiffen und Übertragung ins TREMOD-Programm -Endbericht. Heidelberg, IFEU Öko-Institut e.V.
- Knörr, W. u. M. v. K., F., Lambrecht, U. und Schacht, A. (2010). Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 IFEU Heidelberg für Umweltbundesamt.
- Koopmans, M. (2011). CO₂-Reduction of InlandNavigationin The Netherlands. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Krijgsman, M. (2010). Hydrogen for inland ships. Barge to Business. Brussels.
- Kruse, C., A. Protopapas, et al. (2009). Modal Comparison of Domestic Freight Transportation – Effects on the General Public. USA, U.S. Maritime Administration and the National Waterways Foundation; Texas Transportation Institute, Center for Ports & Waterways, The Texas A&M University System, College Station, Texas.
- Lenz, H. P., B. Illini, et al. (2004). Neue Prognose der Abgasemissionen in Deutschland und europäische Perspektiven. Innovative Fahrzeugantriebe, Dresden, VDI Verlag.
- Lutz, A. and E. D. Gilles (2011). Reduction of Fuel Consumption by Using Automatic Path-Following Systems. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- McKinnon, A. and M. Piecyk (2010). Measuring and Managing CO₂ Emissions of European Chemical Transport, CEFIC.
- Miola, A., B. Ciuffo, et al. (2010). Regulating Air Emissions from Ships - The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options. Luxembourg, European Commission, Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.
- Müller-Wondorf (2012). Bei Post und Bahn stehen die Logistikweichen auf Grün. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **22**.
- NEA, Planco, et al. (2012). Medium and Long Term Perspectives of IWT in the European Union. Zoetermeer, The Netherlands.
- NOAA. "The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)." from www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/.
- OECD (2002). OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport. Paris, OECD Publishing: 56.
- Panteia, PLANCO, et al. (2012). Inception Report - Contribute to the Impact Assessment of
- Pauli, G. (2010). "Sustainable transport: A case study of Rhine navigation." Natural Resources Forum **34**: 18.
- PLANCO (2007). Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße; Schlussbericht. Magdeburg, PLANCO Consulting GmbH, Essen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- PLATINA (2009). Innovation database.
- Progtrans (2007).
- Renner, V. (2005). "Modernisierung der Binnenschiffsflotte - Chancen und Möglichkeiten einer beschleunigten Implementierung technischer Neuerungen in bestehende Binnenschiffe." Binnenschifffahrt - ZfB.
- Renner, V. and W. Bialonski (2004). Technische und wirtschaftliche Konzepte für flußangepaßte Binnenschiffe. Duisburg, Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V.
- Reuss, I. (2012). Mobilät der Zukunft hat viele Facetten. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI **42**.

- Savelkoul, D. (2011). EconomyPlanner. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Scherm, P. (2011). Engine manufacturers' considerations on Emissions Reduction in Inland Waterway Transport. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? . Strasbourg.
- Schilperoord, H. A. (2004). Binnenvaart voortdurend duurzaam – Environmental Performance of Inland Shipping. Arnheim, Royal Haskoning for Centraal Bureau Rijn- en Binnenvaart Koninklijke Schuttevaer.
- Schreyer, C., C. Schneider, et al. (2004). External Costs of Transport, Update Study, INFRAS und IWW (Universität Karlsruhe).
- Schroten, A., H. van Essen, et al. (2010). External and infrastructure costs of freight transport Paris-Amsterdam corridor - Deliverable 1: Overview of costs, taxes and charges. Delft.
- Schuh, H. (2011). Biostrom, nein danke! Zeit Online.
- Schulze, M. (2012). Power-to-Gas: Wirkungsgrad konkurrenzfähig. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **10**.
- Schweighofer, J. (2011). Parallel Workshop 2 – Hydrodynamic measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Seum, S., C. Bahlke, et al. (2011). Umweltschonender Schiffsbetrieb - PROSA Studie zum RAL Umweltzeichen UZ 110. Berlin, Freiburg, Öko-Institut.
- Shuto, H. (2011). Super Eco Inland Vessels, Line –Shaft Contra Rotating Propellers with Diesel Electric Propulsion System. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? . Strasbourg.
- Söhngen, B., S. Knight, et al. (2008). Considerations to reduce environmental impacts of vessels.
- Solomon, S., D. , M. Qin, et al. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- Spielman, M., M. Faltenbacher, et al. (2010). Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr. Leinfelden – Echterdingen, Deutschland: 56.
- ten Broeke, I. (2011). Parallel Workshop 4 - Operational measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Trechow, P. (2012). Biokraftstoffhersteller in der Offensive. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **10**.
- Uherek, E., T. Halenka, et al. (2010). "Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport." Atmospheric Environment **44**(37): 4772-4816.
- UNECE. (2012). "CO₂ emissions from inland transport: statistics, mitigation policies, and modelling tools." from <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/themes/2012 - UNECE - Global Status Report October 2012 - final version.pdf>.
- UNEP. (2011). "Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers." Retrieved 19.5.2011, 2011, from www.unep.org/greeneconomy.
- van der Meij, K. (2011). CO₂ emission reduction by hull form optimisation using CFD. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Van Essen, H. and E. den Boer (2012). Assessment of external costs of inland waterway transport in the Marco Polo Calculator. Delft.
- van Kempen, D. (2010). Smart Steaming. Barge to Business. Brussels.
- van Terwisga, P. (2011). Air Lubrication as a means to reduce Cost and CO₂ emissions in Inland Shipping. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Veen, D. (2012). Does Greening Pay off? Barge to Business. Vienna.
- Verbeek, R., G. Kadijk, et al. (2011). Environmental and Economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in The Netherlands. Delft, TNO: 48.
- Vogt-Schilb, A. and S. Hallegatte (2011). When Starting with the Most Expensive Option Makes Sense - Use and Misuse of Marginal Abatement Cost Curves. Policy Research Working Paper, The World Bank.

- Wittenbrink, P. and G. Gburek (2009). Green Logistics als Gewinner-Thema in stürmischen Zeiten, Ergebnisse einer Befragung der Dualen Hochschule Baden-Württemberg mit dem Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME). Frankfurt/Lörrach Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME); Duale Hochschule Baden-Württemberg Lörrach.
- ZKR and EK (2009). Marktbeobachtung Nr. 7. Europäische Binnenschifffahrt - Marktbeobachtung. Strasbourg. 2008-I.
- Zoer, S. (2011). Energielabel binnenvaart, Verkennend onderzoek. Utrecht, ECOFYS.
- Zöllner, J. (2009). Strömungstechnische Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen. ZKR Kongress „Rheinschifffahrt und Klimawandel“. Bonn.
