



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

,Instruments d'identification de la réduction des risques de dommages'

**Identification de l'efficacité des mesures de réduction
des risques de dommages par suite de la mise en œuvre
du Plan d'Action contre les Inondations de la CIPR jusqu'en 2005**

Groupe d'experts HIRI de la CIPR

Dr. Marc Braun, Commission Internationale pour la Protection du Rhin

Hendrick Buiteveld, Rijkswaterstaat – RIZA, NL

Dr. Ortwin Gieseler, Regierungspräsidium Darmstadt, D

Patrick Junod, Service de la Navigation de Strasbourg, F

Stephanie Holterman, Rijkswaterstaat – DWW, NL

Corinna Hornemann, Umweltbundesamt, D

Gérard Landragin, Etat Major de la Sécurité Civile, Zone Est, Metz, F

Almut Nagel, Trier, D

Bart Parmet, (Vorsitzender) Directoraat Generaal Water, NL

Dr. Armin Petrascheck, Office fédéral de l'Environnement, CH

Reinhard Vogt, ville de Cologne, D

Yvonne Wieczorrek, ville de Cologne, D

Sommaire :

| | |
|--|-----------|
| Groupe d'experts HIRI de la CIPR | 2 |
| Sommaire | 3 |
| Index des illustrations | 4 |
| Index des tableaux | 4 |
| Abréviations | 4 |
| | |
| 0. Synthèse | 5 |
| 1. Introduction | 7 |
| 2. Méthode | 9 |
| 2.1 Description de la méthode | 9 |
| 2.1.1 <i>Recensement des dommages potentiels et de leurs modifications</i> | 10 |
| 2.1.2 <i>Recensement des occurrences modifiées et calcul des modifications de risque de dommages</i> | 10 |
| 2.2 Evaluation de la méthode | 11 |
| 3. Mesures | 13 |
| 3.1 Types de mesures et leur efficacité, définition des facteurs de réduction | 13 |
| 3.2 Mise en oeuvre des mesures et définition des paramètres de réalisation | 15 |
| 3.3 Réduction du niveau d'eau | 16 |
| 4. Résultats | 17 |
| 4.1 Modifications au niveau des dommages potentiels | 17 |
| 4.2 Modifications de la probabilité d'inondation | 18 |
| 4.3 Modifications au niveau des risques de dommage | 20 |
| 4.3.1 <i>Tronçons endigués du Rhin</i> | |
| 4.3.2 <i>Tronçons endigués du Rhin</i> | |
| 5. Conclusions | 23 |
| 6. Perspectives | 24 |

Annexes :

| |
|---|
| Annexe 1 Subdivision du Rhin en tronçons |
| Annexe 2 Description de la situation française |

Index des illustrations :

Figure 1 : Situation de départ 1995 des risques de dommages le long du Rhin avec effet des mesures de prévention des crues et de protection technique contre les inondations

Figure 2 : Détermination des modifications au niveau des dommages potentiels et des risques de dommages

Index des tableaux :

Tableau 1 : Définition des facteurs de réduction par Etat riverain du Rhin pour les zones endiguées et non endiguées

Tableau 2 : Estimation du pourcentage (de territoire) sur lequel des mesures de réduction des dommages ont été prises jusqu'en 2005 et sont efficaces = paramètre de réalisation

Tableau 3 : Résultats des dommages potentiels par tronçon du Rhin

Tableau 4 : Réduction moyenne du débit due aux mesures de rétention sur le Rhin (HVAL)

Tableau 5 : Modification de la récurrence du débit de pointe sur la base de l'abaissement moyen du niveau des eaux au travers des mesures de rétention prises sur le Rhin (HVAL)

Tableau 6 : Modification des risques de dommages (%)

Tableau 7 : Résultats des calculs du risque de dommages, y compris dommages potentiels, probabilités d'inondation et risques de dommages par tronçon du Rhin

Abréviations

HIRI : Groupe de travail 'Inventaire des risques d'inondation' de la CIPR

HVAL : Groupe de travail 'Evaluation des débits de crue' de la CIPR

PAI : Plan d'Action contre les Inondations de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin

0. Synthèse

Un des objectifs¹ du Plan d'action contre les inondations de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) est de réduire les risques de dommages de 10% d'ici 2005 et de 25% d'ici 2020. Le Groupe de travail 'Inondations' de la CIPR a mis en place un groupe d'experts (HIRI) et l'a chargé de vérifier si cet objectif était atteint.

Le présent rapport décrit la méthode mise au point ainsi que ses étapes de détermination. Il présente par ailleurs les réductions atteintes jusqu'en 2005 au niveau des risques de dommages et soumet des recommandations pour l'atteinte de l'objectif visé en 2020.

Définitions :

Le **risque de dommages** est le produit des dommages potentiels et de l'occurrence d'un sinistre.

Les **dommages potentiels** représentent la somme de tous les dommages sur les valeurs patrimoniales dans l'ensemble des zones exposées aux inondations. Ils sont identifiés sur l'ensemble de la zone exposée au risque d'inondation, que les dommages se produisent sous l'impact d'une seule ou de plusieurs crues différentes. Une distinction doit donc être faite entre dommages potentiels et dommages occasionnés par une crue sélectionnée et identifiés pour une zone délimitée. Les dommages potentiels sur les valeurs patrimoniales sont indiqués en termes monétaires.

La **probabilité** (valeur réciproque de la récurrence) que survienne un sinistre dans des zones protégées contre les inondations est déterminée par le non fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de protection. Un tel cas se produit soit quand la crue est plus importante que la crue théorique (de référence) retenue pour le dimensionnement des dispositifs techniques de protection, soit quand ces dispositifs cèdent pour d'autres raisons.

La vérification de l'objectif 'réduction du risque de dommage' du Plan d'action contre les inondations 'Rhin' porte en particulier sur les **crues extrêmes**.

Les deux facteurs d'identification d'une **réduction des risques de dommages** sont la détermination de la modification des dommages potentiels en 2005 et la modification des probabilités d'inondation pour différents tronçons du Rhin depuis l'année de référence 1995. Les états initiaux et les résultats sont présentés dans chaque Etat riverain du Rhin, d'une part pour les tronçons endigués et d'autre part pour ceux qui ne le sont pas.

En résumé, les résultats se présentent comme suit :

- la réduction des risques de dommages est déjà atteinte dans les **zones non endiguées** du seul fait de la réduction des dommages potentiels.
- l'objectif de réduction des risques de dommages est également atteint dans les **tronçons endigués** lorsque les **débites sont inférieurs au débit théorique de référence**².
- L'objectif de réduction 2005 n'est pas atteint **dans les tronçons endigués quand les débits sont supérieurs au débit théorique de référence**.

¹ Les trois autres objectifs principaux fixent des ordres de grandeur précis pour la réduction des niveaux de crue, pour l'augmentation de la conscience du risque d'inondation au moyen de cartes des zones inondables et des zones exposées au risque d'inondation, et pour l'amélioration des systèmes d'annonce des crues au moyen d'une augmentation des temps de prévision.

² Le débit théorique de référence est le débit pris comme base pour la hauteur de la digue

Mesures de réduction des risques de dommages :

Les possibilités et les impacts des mesures visées dans le Plan d'action contre les inondations sont brièvement mis en relief dans les paragraphes suivants :

Réduction de l'occurrence d'inondation :

La stabilité des digues a été renforcée au travers de mesures de consolidation. Les mesures de rétention prises le long du Rhin et dans son bassin permettent de rabaisser les débits de pointe de crue. Ces mesures font effet dans les tronçons endigués dans un ordre de grandeur de débit correspondant au débit théorique de référence. En effet : si la crue est nettement inférieure à la crue théorique de référence, il est peu probable que des dommages se produisent ; Si elle est nettement supérieure, une inondation n'est évitable que si l'effet de réduction est suffisamment important pour rabaisser le débit à un niveau inférieur au débit théorique de référence.

Mesures de réduction des dommages potentiels :

On fait la distinction entre 5 catégories de mesures :

- Préservation de surfaces On s'efforce de contenir les activités de construction dans les zones exposées au risque par le biais de réglementations juridiques. Ces réglementations ne sont cependant applicables jusqu'à présent que dans les zones faiblement protégées (zones non endiguées). Elle ne se traduit par une réduction immédiate des risques que dans le rare cas d'une évacuation de la zone. Elle reste toutefois le principal moyen d'empêcher une croissance des dommages potentiels, car elle transfère la croissance économique dans des zones moins menacées.
- Protection des bâtiments : Il est inconcevable d'évacuer les 10 millions de personnes env. qui vivent dans des zones exposées au risque d'inondation en cas de crue extrême ou de les exclure du processus de croissance économique. On ne peut donc empêcher les biens d'augmenter. En revanche, on peut abaisser leur vulnérabilité et le degré d'endommagement. Les mesures prises sur les bâtiments permettent d'éviter ou de limiter les dommages malgré l'inondation. Après la préservation de surfaces, les mesures de protection des bâtiments consistant à adapter la construction au risque d'inondation sont celles qui agissent le plus durablement.
- Mise en sûreté des substances dangereuses pour les eaux : La fuite de substances dangereuses pour les eaux, le mazout en particulier, peut provoquer des dommages consécutifs de grande ampleur. Une des mesures de réduction des dommages potentiels les plus rentables et aisément réalisables est celle consistant à ancrer les cuves et réservoirs pour empêcher qu'ils ne flottent, ne se renversent ou ne subissent d'autres détériorations.
- Information/préparation/avertissement : Seule une personne consciente du danger peut agir correctement au moment où survient ce danger. Il existe de nombreux moyens d'action individuelle pour réduire les dommages en éloignant à temps des biens de grande valeur (meubles, autos). L'information et la conscience du risque sont les conditions simultanées requises pour que soient prises des mesures de protection des bâtiments et de sécurisation des cuves à mazout.
- Mesures d'urgence, plan d'intervention / mesures de lutte contre les risques majeurs : Les pompiers et les services de protection civile peuvent limiter les dommages de manière efficace en mettant en place des barrières mobiles de protection et en organisant des mesures de sauvetage.

Les trois premières catégories de mesures ont un effet permanent et exigent que des investissements soient effectués bien avant que survienne la crue. Les deux dernières catégories de mesures ne sont prises qu'en cas de besoin mais sont cependant dépendantes d'une prévision efficace.

La tâche du groupe d'experts a consisté à évaluer ces catégories de mesure en fonction de leur efficacité (facteurs de réduction) et à estimer leur degré de réalisation sur la base des indications des Etats/Länder (paramètres de réalisation).

1. Introduction

Un des principaux objectifs convenus en 1998 dans le Plan d'action contre les inondations de la CIPR est celui visant à prévenir les dommages corporels et matériels et à réduire le risque que de tels dommages se produisent. Par rapport à l'année de référence 1995, la réduction des risques de dommages devrait atteindre 10% en 2005 et 25% en 2020. Une attention particulière doit porter dans ce contexte sur les éventuelles situations de crues extrêmes. Pour vérifier dans quelle mesure ces objectifs quantitatifs étaient atteints, il a été nécessaire, dans un premier temps, de mettre au point une méthode, tâche dont a été chargé un groupe d'experts (HIRI) spécialement instauré à cette fin.

Le présent rapport décrit la méthode mise au point ainsi que ses étapes de détermination. Il présente par ailleurs les réductions atteintes jusqu'en 2005 au niveau des risques de dommages et soumet des recommandations pour l'atteinte de l'objectif visé en 2020.

Les objectifs définis pour 2005 et 2020 prévoient une modification relative du risque de dommage, c'est-à-dire indiquée sous forme de pourcentage, en partant de l'année de référence 1995. Ces réductions sous forme de pourcentage sont plus ou moins difficiles à atteindre en fonction de la situation de départ. Il est ainsi beaucoup plus difficile d'obtenir une modification importante du pourcentage lorsque la prise de conscience du risque est déjà élevé et que de nombreuses mesures de prévention ont déjà été prises que lorsque la valeur initiale est faible.

Les situations naturelles et politiques sur les différents tronçons du Rhin ont également un impact important sur les éventuelles mesures de réduction des dommages.

La *figure 1* présente la situation de départ dans les différents Etats riverains du Rhin. Les flèches indiquent la direction des effets des principales mesures prises pour réduire les risques de dommage. La longueur et le sens des flèches correspondent, en termes de qualité, aux modifications réelles.

Sur le **haut Rhin non endigué**, il n'est pas possible, pour des raisons naturelles, de prendre des mesures visant à réduire le niveau d'eau en aval des grands lacs subalpins. Sur ce tronçon, la modification des risques de dommages passe uniquement par des mesures de prévention des crues et de protection contre les inondations³.

La situation de départ est opposée aux **Pays-Bas** qui sont presque entièrement **endigués**, étant donné que le niveau de protection offert par le digue est déjà très élevé pour des dommages potentiels également très élevés.

³ La rive allemande du haut Rhin n'est certes pas endiguée, mais affiche un niveau de protection élevé correspondant env. à un HQ 1000 sur de nombreux tronçons du fait des nombreux ouvrages hydroélectriques. La petite partie restante, non protégée, du haut Rhin allemand est donc négligeable. Le tronçon allemand du haut Rhin est traité dans les calculs comme s'il était endigué.

Verteilung der Schadensrisiken

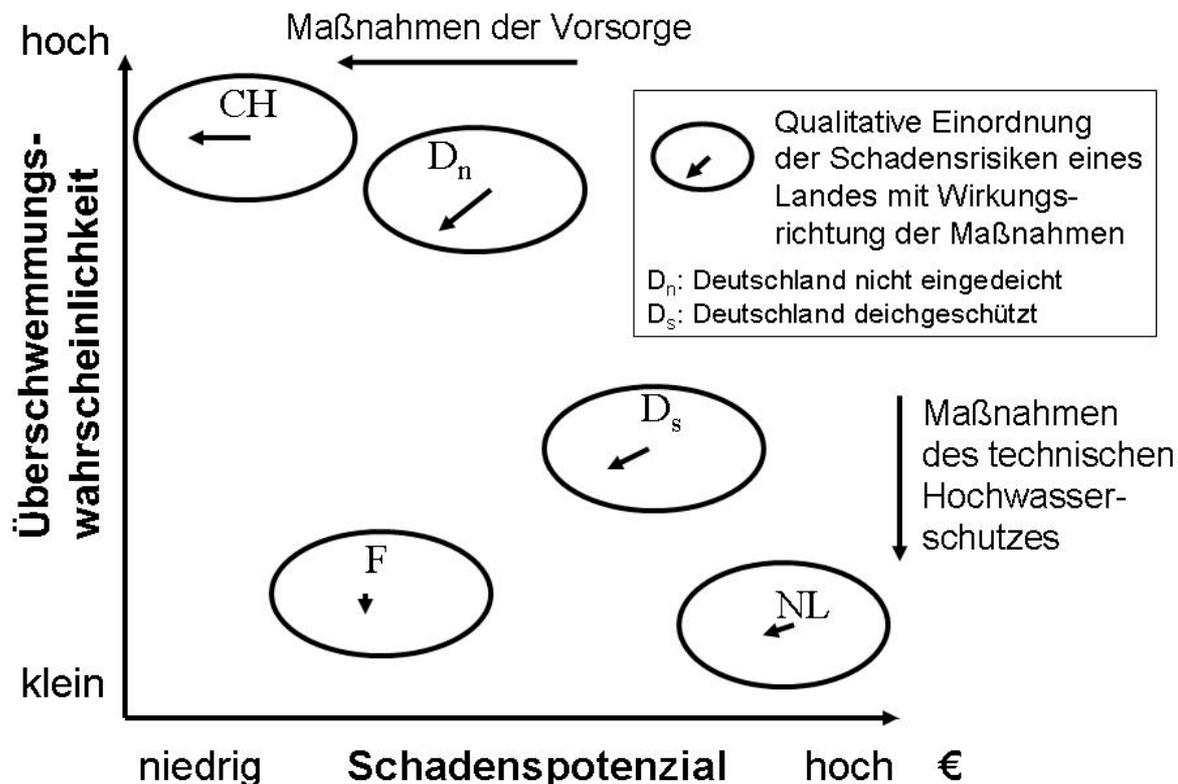


Figure 1 : Situation qualitative de départ 1995 des risques de dommages le long du Rhin avec effet des mesures de prévention des crues et de protection technique contre les inondations

Lorsque le niveau de protection contre les inondations est très élevé et que la probabilité d'inondation est donc faible, il est très difficile de convaincre le public et les responsables politiques de la nécessité de limiter les usages et de prendre derrière les digues notamment d'autres mesures de protection visant à **réduire les dommages potentiels** ; de telles mesures ne sont guère réalisables actuellement. Il n'existe de fait guère de possibilité, aux Pays-Bas par exemple, de réduire les dommages potentiels dans les zones endiguées en préservant les surfaces par ex. Pour réduire le risque de dommages, il faut donc privilégier les mesures permettant de prévenir ou d'atténuer les inondations. Ces mesures incluent également un dispositif de lutte contre les accidents majeurs le plus efficace possible.

On attend les réductions les plus importantes du risque de dommages dans les tronçons non endigués sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen : en effet, les mesures de prévention des crues prises sur ces tronçons réduisent sensiblement les dommages potentiels et les dispositifs de rétention sur le Rhin supérieur abaissent fortement la probabilité d'occurrence.

2. Méthode

Ce chapitre présente les grands principes de la méthode '**Instruments d'identification de la réduction des risques de dommages**' mise en place par le groupe d'experts HIRI. La procédure et les hypothèses à la base ont été documentées en vue de leur reproductibilité pour les calculs futurs et contrôles d'atteinte des objectifs.

Les deux facteurs, 'Détermination de la **modification des dommages potentiels entre 1995 et 2005**' et '**modification des probabilités d'inondation**' pour les différents tronçons du Rhin depuis l'année de référence 1995 sont important pour l'identification de la **réduction des risques de dommages**.

2.1 Description de la méthode

La méthode de recensement appliquée dans le présent rapport se fonde sur une évaluation économique des dommages matériels. Les dommages non matériels tels que les dommages corporels, les dommages environnementaux et les dommages occasionnés aux biens culturels ne pourront être intégrés dans la méthode que lorsque l'on aura trouvé des critères subjectifs et reproductibles et des indicateurs permettant leur évaluation. Les dommages matériels par contre peuvent être estimés plus facilement en termes monétaires et sont donc pris en compte dans la présente évaluation quantitative de la réduction des risques de dommages réalisée dans le cadre de l'évaluation du Plan d'Action contre les Inondations Rhin (PAI).

Les calculs partent de l'**hypothèse** fondamentale supposant que, **si des mesures n'avaient pas été entreprises, les dommages potentiels auraient augmenté dans les zones inondables analysées de manière analogue à la croissance économique annuelle moyenne**. Les mesures réalisées pendant la période considérée ont cependant fait que les dommages potentiels ont été comparativement moins élevés. La différence entre les dommages potentiels que l'on aurait obtenus en 2005 sans les mesures et les dommages potentiels identifiés compte tenu des mesures correspond à la **modification des dommages potentiels** prise comme référence de toutes les autres observations.

Cette hypothèse intègre l'idée que les zones d'implantation urbaine existantes ne peuvent être exclues de la croissance économique globale, ce qui fait que les biens continuent à augmenter dans ces zones. Les mesures de prévention des crues doivent toutefois permettre de réduire leur vulnérabilité et d'abaisser ainsi les dommages potentiels ou pour le moins freiner nettement leur croissance malgré l'augmentation des biens en présence.

L'atlas CIPR du Rhin⁴ a été publié en 2001. Les informations sur les dommages potentiels, les profondeurs d'inondation et les surfaces correspondantes le long du Rhin pour l'année de référence 1995, figurant dans l'atlas du Rhin, sont à la base des calculs réalisés dans le cadre de la présente analyse.

L'étude d'efficacité⁵ de la CIPR, publiée un an après, décrit les **catégories de mesures** ayant un impact décisif sur la réduction des dommages : 'préservation de surfaces', 'protection des immeubles', 'substances dangereuses pour les eaux', 'information/préparation/avertissement' ainsi que 'mesures d'urgence/plan d'intervention/lutte contre les risques majeurs'. Ces catégories sont recensées dans le présent rapport pour déterminer les modifications survenues au niveau des dommages potentiels.

Pour évaluer les réductions atteintes au niveau des dommages potentiels, on recourt également à différentes expertises et à l'expérience tirée de crues écoulées.

⁴ 'Atlas de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crues extrêmes sur le Rhin', CIPR 2001.

⁵ 'Prévention des crues – Mesures et leur efficacité', CIPR 2002.

⁶Toutes les mesures de rétention des crues réalisées depuis 1995 ont été intégrées dans les calculs des probabilités d'inondation modifiées.

La méthode de détermination des modifications des risques de dommages est présentée schématiquement dans la *figure 2*. Les dommages potentiels 2005 – sans mesures de réduction des dommages – sont déterminés directement à partir des dommages potentiels pour l'année 1995 par le biais de la croissance économique générale (% p.a.).

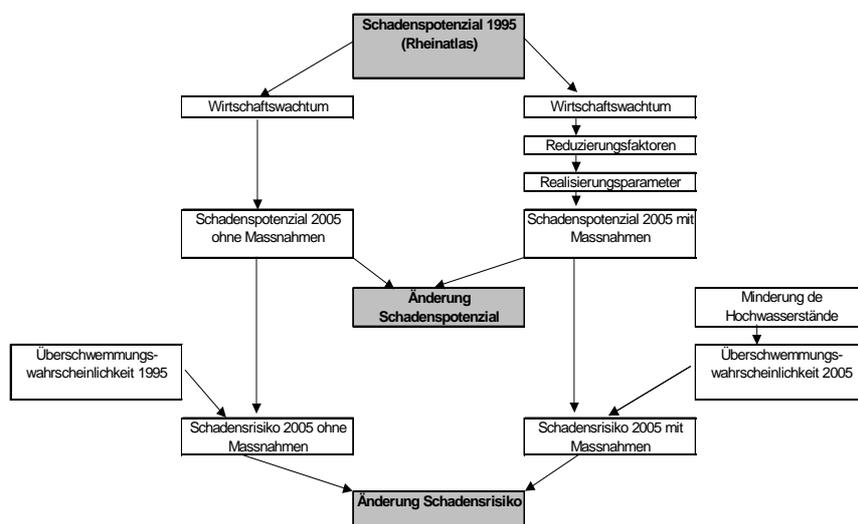


Figure 2 : Détermination des modifications au niveau des dommages potentiels et des risques de dommages

2.1.1 Recensement des dommages potentiels et de leurs modifications

Pour déterminer les **dommages potentiels** 2005 avec mesures de réduction des dommages, on est parti du principe que l'évolution des dommages due à l'augmentation des valeurs pouvait être atténuée par des mesures de réduction.

Dans une première étape, les **facteurs de réduction** décrivent pour chaque catégorie de mesures quel serait, en termes de réduction des dommages, l'éventuel effet maximal d'une mise en œuvre intégrale des mesures (voir *tableau 1*).

Dans une seconde étape de l'inventaire, on détermine les **paramètres de réalisation** pour chaque catégorie de mesures, c'est-à-dire l'ordre de grandeur et la zone de mise en œuvre de cette catégorie de mesures jusqu'en 2005 (voir *tableau 2*).

En raison des différentes conditions géographiques et politiques générales et, par là même, de l'efficacité variable des catégories de mesures, les facteurs et paramètres mentionnés ont été définis de manière différenciée pour chaque Etat.

En combinant les dommages potentiels 2005 d'une part et les facteurs de réduction et paramètres de réalisation d'autre part, on obtient une estimation de la réduction des dommages potentiels 2005, conséquence des catégories de mesures de réduction des dommages mises en œuvre. La comparaison avec la situation 2005 (sans mesures) permet de déterminer la modification relative des dommages potentiels.

⁶ Ces mesures incluent non seulement les dispositifs de rétention en soi mais aussi les consolidations de digue qui réduisent également l'occurrence des inondations.

2.1.2 Recensement des occurrences modifiées et calcul des modifications de risque de dommages

Lors de la détermination finale des **risques de dommages**, les occurrences modifiées, conséquence de toutes les mesures techniques de rétention réalisées jusqu'à présent sur le Rhin, sont combinées à la modification des dommages potentiels depuis 1995 (avec et sans mesures).

Le groupe de travail Hval de la CIPR⁷ a calculé, à l'aide des échelles du Rhin entre Maxau et Lobith, les niveaux d'eau modifiés pour différents tronçons du Rhin et les probabilités d'inondation qui y sont liées (voir carte synoptique - *annexe 1*) découlant des mesures réalisées, du niveau de protection existant et de la capacité d'emmagasinement du Rhin. Là où ceci a été nécessaire, il a été fait une distinction entre les deux rives du Rhin et le niveau de protection différent sur la rive gauche et la rive droite.

2.2 Evaluation de la méthode

Avec cette méthode, la CIPR disposera à l'avenir d'un instrument lui permettant d'**estimer l'évolution des risques de dommages** dans l'ensemble du bassin du Rhin et de contrôler par là même si les objectifs définis dans le PAI sont atteints.

Cette méthode est appliquée de manière pragmatique et se fonde en grande partie sur des expériences et **estimations d'experts** tirées elles-mêmes d'expériences collectées au travers des crues passées. Ces expériences sont (heureusement) limitées, notamment en ce qui concerne les crues extrêmes. Il n'est pas possible d'étayer les facteurs susmentionnés de manière empirique ; les résultats ne peuvent donc être considérés comme absolument fiables.

Les probabilités d'inondation modifiées ont été calculées pour différentes crues typiques. L'accent est mis sur différentes crues typiques car l'hydrogramme et, par là même, l'occurrence varient en fonction de la genèse et de l'ampleur de la crue. Sur les tronçons endigués, seuls sont considérés comme significatifs les débits correspondant à l'ordre de grandeur du débit théorique de référence : en effet, les débits de plus faible ampleur n'entraînent pas de dommages et les crues nettement plus importantes sont toujours susceptibles de provoquer des ruptures de digues.

Les dommages potentiels dans les zones endiguées ont été calculés pour le pire des cas (« worst case ») en considérant que toute la surface ou tous les biens exposés aux inondations sont touchés. Ceci n'est guère le cas pour une crue spécifique.

Le problème inhérent à la méthode est que les deux facteurs 'dommages potentiels' et 'probabilité d'inondation' ont été déterminés pour certaines crues. Ceci ne signifie pas pour autant que les valeurs déterminées sont fiables et correctes pour le collectif de crues.

Cette méthode se limite au recensement de l'impact des mesures visant à réduire le risque de dommages. Elle ne fournit **aucune indication sur le rapport coûts/utilité** des catégories de mesures et n'est pas non plus une méthode complète permettant d'estimer la valeur moyenne de réduction escomptée des risques de dommages. Elle indique uniquement une estimation de la réduction du risque d'une crue extrême.

Il est recommandé de considérer également les coûts et l'utilité d'une prévention des dommages (des effets intangibles également) dans l'évaluation des catégories de mesure et de leur efficacité.

Les calculs des dommages potentiels ont été soumis à une analyse de sensibilité afin de faire ressortir les éventuels problèmes ou les incohérences au niveau des résultats et de la

⁷ ,Identification de l'efficacité des mesures de réduction des niveaux de crue extrêmes à la suite de la mise en œuvre du Plan d'action contre les inondations jusqu'en 2005'

méthode. Cette **analyse de sensibilité** a été élaborée lors de la mise au point de la méthode sur la base des premières 'hypothèses les meilleures possibles' pour estimer la mise en œuvre des mesures.

Les calculs des effets maximaux montrent que la situation initiale joue un rôle important. Les Pays-Bas ayant réalisé initialement moins de mesures de réduction des dommages potentiels qu'en Suisse, les calculs de sensibilité montrent que l'effet découlant de la mise en œuvre de toutes les mesures est plus important aux Pays-Bas.

L'analyse de sensibilité montre par ailleurs qu'il n'y a pas de différence importante dans l'efficacité des différentes mesures lorsque la mise en œuvre des mesures est maximale. Seule la catégorie de mesures '**préservation de surfaces**' joue un **rôle particulier** étant donné que cette catégorie ne dépend pas seulement du niveau de réalisation, mais aussi et dans une grande mesure de la durée de la période considérée. Pour la préservation des surfaces, la « capitalisation des intérêts » au niveau de l'efficacité augmente avec la durée de la période considérée et prend des dimensions importantes. A long terme (> 15 ans), la 'préservation de surfaces' a un impact maximal comparable à celui des autres catégories de mesures, d'autant plus qu'il n'y a pas de coûts consécutifs liés à l'entretien. La préservation des surfaces est la seule catégorie de mesures qui, à l'opposé des autres et notamment de celles visant à prévenir les dommages, agit directement sur les valeurs, empêchant ainsi l'apparition de nouveaux dommages potentiels. Elle n'a cependant pas d'effet réducteur sur les dommages potentiels existants ; en effet, une surface actuellement libre ne comportant pas de dommages potentiels, ceux-ci ne peuvent pas être réduits. L'exemple de la préservation des surfaces montre que **l'efficacité des mesures ne doit pas être évaluée** en comparant la situation actuelle à un état historique, mais en se basant sur l'évolution dynamique avec et sans mesures.

Pour pouvoir continuer à utiliser cette méthode à l'avenir, il est recommandé de la **perfectionner** afin de pouvoir faire des analyses plus détaillées dans le cadre du Plan d'Action contre les Inondations Rhin. On recommande d'intégrer dans la méthode les personnes et les dommages non matériels, de même que la détermination de la valeur escomptée des dommages.

Les **Commissions fluviales internationales** pour la protection de la Moselle et de la Sarre (CIPMS) ainsi que celle de la protection de la Meuse (CIM) ont déjà manifesté leur intérêt à adapter cette méthode à leur bassin respectif.

La présente méthode peut prendre encore plus d'importance du fait de la **directive communautaire contre les inondations**⁸ proposée début 2006 et proposant d'accorder une plus grande attention à la considération des dommages potentiels et des risques de dommages.

⁸ Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil relative à l'évaluation et à la gestion des inondations (2006) : COM(2006)15 final du 18.1.2006. A la date de publication du rapport (août 2006), la proposition est en cours de concertation au Parlement Européen

3. Mesures

Alors que les mesures techniques de protection contre les inondations ont pour effet de réduire la probabilité d'inondation, les mesures de prévention des crues permettent d'abaisser les dommages potentiels. L'étude d'efficacité de la CIPR fait état de cinq **catégories de mesures** qui ont été reprises dans la présente méthode en raison de leur importance au niveau de la réduction des dommages. Des facteurs de réduction et des paramètres de réalisation ont été définis avec l'aide d'estimations d'experts afin d'estimer la **réduction des dommages** atteinte.

Le groupe de travail HVAL de la CIPR a calculé les **baisses de niveau d'eau** sur la base de toutes les mesures techniques réalisées dans le cadre de la protection contre les inondations et déterminé sur cette base la modification des probabilités d'inondation.

3.1 Types de mesures et leur efficacité, définition des facteurs de réduction

La réduction des dommages potentiels a été déterminée à l'aide des catégories de mesures suivantes :

1. Préservation des surfaces

La préservation des surfaces, qui est un instrument de l'aménagement du territoire, est la seule catégorie de mesures qui, à l'opposé des autres catégories visant pour l'essentiel à réduire les dommages, agit directement sur les dommages potentiels de sorte que le dommage ne peut (plus) se produire. Il est relativement rare, comme dans le cas du déplacement de biens), qu'elle réduise directement les dommages, mais elle permet au moins d'éviter de nouveaux dommages.

2. Protection des bâtiments

Cette catégorie se base sur des travaux préventifs pouvant être réalisés sur des biens immobiliers ou des infrastructures pour **se préparer** aux crues. Elle agit sur la vulnérabilité et réduit le niveau de dommage, mais pas les valeurs. C'est la mesure de protection la plus importante pour les objets immobiliers. L'efficacité de cette mesure baisse lorsque la profondeur d'inondation augmente.

3. Substances dangereuses pour les eaux

Pour évaluer l'efficacité de cette catégorie, la présente méthode prend en compte la mise en sûreté des cuves de mazout. En effet, l'expérience montre que les fuites de mazout entraînent des dommages élevés. La mise en sûreté est relativement simple et peu onéreuse.

4. Information/préparation/avertissement :

La mise en oeuvre des mesures entrant dans la catégorie 'Information' passe par des **actions directes** des particuliers pour réduire les dommages susceptibles de se produire sur des biens mobiliers et des valeurs patrimoniales (meubles, voitures, etc.). L'avertissement leur permet de transporter rapidement ces biens mobiles en dehors de la zone exposée au risque.

5. Mesures d'urgence, plan d'intervention / mesures de lutte contre les risques majeurs / surfaces de décharge de secours

La catégorie 'Mesures d'urgence' couvre les actions que peuvent engager les services de la protection civile et de lutte contre les accidents majeurs en cas de crue. Les actions des particuliers figurent dans la catégorie 'Information'.

L'ordre d'apparition de ces cinq catégories de mesures n'est pas choisi arbitrairement, mais suit une certaine logique : en mettant en œuvre autant que possible la (les) première(s) catégorie(s) de mesures, il sera moins nécessaire de réaliser les autres mesures dans cette zone.

Pour certaines catégories de mesures, on a par ailleurs fait une distinction entre les différentes occupations des sols, à savoir l'habitat (résidentiel ou mixte) et l'industrie. Cette distinction se base sur l'hypothèse que des mesures de protection seront prises plus rapidement pour des installations industrielles du fait de l'ampleur plus importante des dommages potentiels et de la plus grande capacité à investir des entreprises. Le particulier ne peut en général réagir que plus lentement pour protéger ses biens.

Dans une première étape, les **facteurs de réduction** décrivent pour chaque catégorie de mesures quel serait, en termes de réduction des dommages, **l'éventuel effet maximal** d'une **mise en œuvre intégrale de la catégorie de mesures** (voir *tableau 1*).

Les facteurs de réduction ont été définis pour les trois niveaux de profondeur utilisés dans l'atlas du Rhin, étant donné que l'effet de certaines mesures et, par là même, la réduction des dommages dépendent fortement de la profondeur d'inondation en présence.

- Profondeur d'inondation < 0,5 m
- Profondeur d'inondation entre 0,5 et 2 m
- Profondeur d'inondation > 2 m

| Facteurs de réduction (%) | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---------|-------------------|----|----|-------------|-------------------|--------------------|----|
| Catégories de mesures Selon l'étude de faisabilité CIPR 'Prévention des crues - Mesures et leur efficacité' 2002 | Profondeur d'inondation | Endigué | | | | Non endigué | | | |
| | | CH | D | F | NL | CH | D | F | NL |
| Préservation des surfaces | | --- | 75 | - | - | 75 | 75 | 90/20 [†] | 83 |
| Protection des bâtiments; Zones urbaines et industrie (immobilier = mobilier) | <0,5 | --- | 90 | - | - | 90 | 90 | 90 | - |
| | 0,5-2 m | --- | 50 | - | - | 50 | 50 | 50 | - |
| | >2 m | --- | 10 | - | 0 | 0 | 10 | 0 | - |
| Substances dangereuses pour les eaux; zones urbaines | <0,5 | --- | 90/0 [†] | - | - | 90 | 90/0 [†] | 80 | - |
| | 0,5-2 m | --- | 90/0 | - | - | 90 | 90 | 40 | - |
| | >2 m | --- | 50/0 | - | 0 | 0 | 50 | 0 | - |
| Information, préparation, avertissement ; Zones urbaines, biens mobilier | <0,5 | --- | 30 | - | 50 | 50 | 70 | 60 | 50 |
| | 0,5-2 m | --- | 30 | - | 35 | 50 | 50 | 50 | 35 |
| | >2 m | --- | 30 | - | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| Mesures d'urgence et plans d'interv. Mes. de lutte, Décharges de secours ; Zones urbaines et industrie, Biens mobiliers et immobiliers | <0,5 | --- | 30 | 60 | 50 | 50 | 70 | 60 | - |
| | 0,5-2 m | --- | 30 | 40 | 35 | 50 | 30 | 40 | - |
| | >2 m | --- | 30 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | - |

*immobilier/ *Endigué/régulé --- non pertinent
mobilier

Tableau 1 : Définition des facteurs de réduction par Etat riverain du Rhin pour les zones endiguées et non endiguées

privés. Les expériences tirées des grandes inondations sur l'Oder, l'Elbe et le Danube montrent qu'il est également important de montrer aux responsables politiques que l'on connaît l'aléa et que l'on a entrepris quelque chose.

Les différences entre l'habitat et l'industrie dans la catégorie Mesures d'urgence montrent que l'on peut également agir rapidement lorsque l'on a reconnu que le risque d'inondation pouvait compromettre l'existence de l'entreprise.

Les grandes différences observées au niveau national dans la mise en œuvre de la catégorie '**préservation de surfaces**' doivent faire l'objet de discussions spéciales. Aux Pays-Bas, les zones non endiguées sont très petites et il existe depuis longtemps des restrictions au niveau de la construction sur les surfaces situées entre les digues. En Allemagne, il existe un règlement fédéral⁹ en vigueur depuis 2005. En Suisse, la préservation des surfaces doit être transposée dans le code de construction communal, ce qui entraîne de longues procédures et un grand travail de persuasion.

La **protection des bâtiments** par les particuliers n'est réalisée le plus souvent qu'après des sinistres, sur les nouveaux bâtiments et en cas d'aménagements de grande ampleur. En conséquence, les paramètres de réalisation ne peuvent augmenter que lentement au fil du temps. On observe un comportement similaire pour la mise en sûreté des cuves (**substances dangereuses pour les eaux**). Cette mesure de protection étant toutefois relativement peu onéreuse, on s'attend à l'avenir à une mise en œuvre plus rapide que pour la protection des bâtiments.

Il faut également mentionner la situation particulière en France : une politique de prévention restrictive est adoptée sur toutes les surfaces exposées au risque d'inondation, également derrière les digues. Cette politique exclut toute nouvelle implantation et l'extension des activités économiques. Les dommages potentiels en France diminueront au cours des prochaines années du fait de l'abandon de certains biens. Les crues du Rhin ne présentant aucun risque d'inondation des zones alsaciennes endiguées du fait de la situation géographique et hydraulique, aucune autre mesure n'a été prise à cet égard.

3.3 Réduction du niveau d'eau

La troisième phase méthodique porte sur la détermination de la **modification de la probabilité d'inondation**. Le groupe d'experts HVAL de la CIPR a calculé les effets qu'ont toutes les mesures de rétention sur le Rhin sur la réduction des niveaux d'eau pour différentes crues représentatives, de même que la modification des occurrences en découlant. A cette fin, les experts ont utilisé des crues modélisées sur la base des crues de 1978, 1983, 1988, 1995 et 1999. Ces crues modélisées reproduisent différentes genèses de crue dans le bassin du Rhin. Elles ont été créées pour répondre à l'objectif de l'étude ($HQ_{\text{extrême}}$). Dans un deuxième temps, des mesures de protection contre les inondations y ont été appliquées par simulation¹⁰.

La sélection des crues typiques repose sur le fait que le déroulement des crues est influencé par leur genèse et que les crues naissant en aval des polders de rétention ne sont pas influencés par ces derniers. Enfin, les crues extrêmes s'écoulant au-dessus du dimensionnement théorique des polders n'entraînent pas de modification (sensible) de l'occurrence. Les digues sont submergées. Pour ces crues, la probabilité est en tous les cas inférieure à la probabilité du débit théorique de référence. La réduction de crues qui s'écoulent en deçà du niveau de protection des digues a par contre une importance bien moindre pour le risque arithmétique ; ici, le risque est mieux décrit par les dommages potentiels survenant en cas de rupture de digue.

⁹ Loi relative à l'amélioration de la prévention des crues, appelée 'loi article'

¹⁰ Groupe d'experts Hval de la CIPR, 2006 : Identification de l'efficacité des mesures de réduction des niveaux de crue extrêmes à la suite de la mise en œuvre du Plan d'action contre les inondations jusqu'en 2005

4. Résultats

Les résultats des calculs sur la période considérée 1995 – 2005 sont présentés et expliqués dans ce chapitre, les résultats synoptiques figurent dans les *tableaux 6 et 7*.

4.1 Modifications au niveau des dommages potentiels

Les résultats calculés font ressortir deux types de **modifications au niveau des dommages potentiels** le long du Rhin : sur les tronçons du Rhin non endigués, les réductions des dommages potentiels sont nettement plus importantes que sur les secteurs endigués. La meilleure mise en oeuvre des catégories de mesures considérées dans les zones non endiguées tient essentiellement son origine dans la conscience plus prononcée du risque qu'ont les populations dans ces zones. Les différences très importantes observées dans le niveau relatif des dommages sur les tronçons du Rhin sont également à signaler.

| Dommages potentiels | | | | | | | | |
|---|---------------------------|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Tronçon du Rhin | Longueur de linéaire (km) | Dommages potentiels moyens (95)/km en millions d'euros/km | 1995 en millions d'euros | 2005 sans mesures en millions d'euros | Accroissement 95-05 en % sans mesures | 2005 avec mesures en millions d'euros | Accroissement 95-05 en % avec mesures | Δ dommages potentiels [%] |
| Suisse (non endigué) | 170 | 0,1 | 16,5 | 20,2 | 22 | 15,6 | -5 | -23 |
| France (endigué) | 200 | 3,4 | 678 | 827 | 22 | 827 | 22 | 0 |
| Allemagne (endigué) | 900 | 34 | 30767 | 35531 | 15 | 33215 | 8 | -7 |
| Allemagne (non endigué) | 160 | 10 | 1679 | 1939 | 15 | 1452 | -14 | -25 |
| Pays-Bas (endigué avec consolidation des digues) | 500 | 256 | 127899 | 171886 | 34 | 168317 | 32 | -2 |

Tableau 3 : Résultats des dommages potentiels par tronçon du Rhin

Dans les zones non endiguées,

- la réduction des dommages potentiels est de l'ordre de 20 à 25 %.
- **toutes les catégories de mesures mises en œuvre ont un effet** sur les dommages potentiels.

Dans les zones endiguées,

- la réduction des dommages potentiels est de l'ordre de 0 à 5 % aux Pays-Bas et en France et de 5 à 10 % dans les tronçons allemands du Rhin supérieur et du Rhin inférieur.
- **les mesures n'ont pas toutes un effet** : ainsi, les mesures de protection des bâtiments n'ont pratiquement aucun effet lorsque les profondeurs d'inondation sont importantes et seules quelques mesures de préservation des surfaces sont mises en œuvre.

4.2 Modifications de la probabilité d'inondation

Les crues modélisées analysées par le groupe travail HVAL de la CIPR ont fait ressortir des **réductions maximales des pointes de crue** pouvant atteindre 31 cm à hauteur de l'échelle de Maxau pour une crue de récurrence de 200 ans qui sert de base au dimensionnement des digues. A l'échelle de Worms, il découle de cette variante des réductions de la pointe de crue jusqu'à 17 cm. Plus en aval, à la frontière germano-néerlandaise (échelle de Lobith), la pointe de crue est encore abaissée de 7 cm. En cas de débit millénaire, la réduction n'est plus que de 3 cm à l'échelle de Lobith.

Les modifications du niveau d'eau déterminées dans le présent cas comprennent des abaissements pour certaines crues spécifiques d'un type de genèse donné. Du fait du nombre restreint de données originales et des éventuelles erreurs statistiques lors de l'extrapolation, les résultats obtenus doivent être considérés comme des **estimations**. Ils donnent l'ordre de grandeur des baisses du niveau d'eau et, par là même, les modifications des probabilités d'inondation.

C'est la raison pour laquelle on a pris les réductions moyennes du niveau d'eau pour calculer le risque de dommage et déterminé la modification des récurrences des débits de pointe pour ces niveaux d'eau.

Par rapport à l'état 1995, on constate dans la situation actuelle (2005) que les mesures de rétention ont pour effet d'abaisser la crête de crue ou le débit de pointe dans le cas d'un événement météorologique identique. Les réductions moyennes de débit pour les crues considérées sur la base de récurrences de 100 et de 200 ans, ainsi que pour les crues extrêmes, sont indiquées dans le tableau 4.

Ces réductions modifient également les récurrences.

Une crue qui avait auparavant une récurrence de 100 ans par exemple devient une crue d'une récurrence de 130 ans. Cette augmentation de la récurrence (abaissement de la probabilité) est indiquée dans le tableau 5 pour les crues considérées.

| Réurrence | 100 | 200 | extrême |
|-----------|--|-----|---------|
| | Réduction moyenne du débit [m ³ /s] | | |
| Maxau | 190 | 160 | - |
| Worms | 170 | 140 | - |
| Kaub | 170 | 95 | - |
| Cologne | 106 | 123 | 94 |
| Lobith | 105 | 98 | 90 |

Tableau 4 : Réduction moyenne du débit due aux mesures de rétention sur le Rhin (HVAL)

| Réurrence | 100 | 200 | extrême |
|-----------|---------------------------------------|-----|---------|
| | Modification de la récurrence [année] | | |
| Maxau | 30 | 60 | - |
| Worms | 20 | 50 | - |
| Kaub | 11 | 9 | - |
| Cologne | 7 | 13 | 22 |
| Lobith | 5 | 11 | 87 |

Tableau 5 : Modification de la récurrence du débit de pointe sur la base de l'abaissement moyen du niveau des eaux au travers des mesures de rétention prises sur le Rhin (HVAL)

4.3 Modifications au niveau des risques de dommage

Le **risque de dommage est calculé à partir de la multiplication** des facteurs '**dommages potentiels**' et '**probabilité d'inondation**'. La vérification de l'objectif 'réduction du risque de dommage' du Plan d'action contre les inondations 'Rhin', importante dans le présent rapport, porte en particulier sur les crues extrêmes. Les résultats sont présentés dans chaque Etat riverain du Rhin, d'une part pour les tronçons endigués et d'autre part pour ceux qui ne le sont pas, ainsi que pour les niveaux d'eau évoluant dans la marge de la hauteur théorique des ouvrages de protection (crues importantes mais non extrêmes) et pour les niveaux d'eau supérieur aux hauteurs théoriques (crues extrêmes).

Les résultats de la modification au niveau du risque de dommages (*tableaux 6 et 7*) font ressortir pour tous les tronçons, **au niveau des débits théoriques de référence**, une baisse du risque de dommage dépassant les 10% fixés dans les objectifs du Plan d'Action contre les Inondations. Au-delà des débits de référence, cet objectif du Plan d'Action contre les inondations n'est pas atteint.

4.3.3 Tronçons endigués du Rhin

En ce qui concerne les risques de dommages, un paramètre important dans les zones endiguées est la crue de référence prise comme base pour le dimensionnement des digues.

Pour les **tronçons du Rhin endigués du Rhin**, on distingue deux cas de figure :

1. Dans le cas d'une **crue de l'ordre du débit théorique de référence**, le risque de dommage est déterminé en combinant les dommages potentiels réduits et la récurrence modifiée (dans cette plage de débit, les mesures de réduction des niveaux d'eau ont un impact sur les crues). Sur les tronçons endigués du Rhin, la réduction des dommages potentiels varie entre 0 et 10%. Les modifications du niveau d'eau entraînent toutefois une réduction sensible du risque de dommages à cause de la réaction de la probabilité d'inondation à de faibles modifications du débit. Les débits qui entraînaient encore des inondations en 1995 ne le font plus aujourd'hui grâce aux mesures de rétention mises en œuvre.

Les **réductions du risque de dommages** varient ainsi entre 25 et 30% sur le Rhin supérieur et 10 et 15% sur le Rhin inférieur et le long du delta du Rhin. Sur le haut Rhin et sur le Rhin supérieur canalisé, la modification est uniquement due aux dommages potentiels étant donné qu'il n'y a pas de modification de la probabilité d'inondation sur ces tronçons.

Il convient de mentionner le cas particulier de la France qui n'a pas pris de mesure visant à réduire les dommages potentiels du fait du niveau élevé de protection contre les inondations du Rhin atteint depuis longtemps. La réduction des risques de dommages, qui est toutefois de 5 à 10 %, est uniquement due à la modification de la probabilité d'inondation dans la marge des débits théoriques de référence.

Aux Pays-Bas, la modification de la probabilité d'inondation est atteinte grâce aux abaissements du niveau d'eau et aux mesures de consolidation des digues. L'effet global des consolidations de digues sur la modification de l'occurrence d'inondations est estimé à 5% pour le delta du Rhin.

2. Lorsque les débits de crues extrêmes **dépassent le débit théorique**, les digues sont alors submergées. A ce niveau, les mesures de réduction du niveau d'eau

n'ont qu'un faible effet sur les dommages et ne jouent donc qu'un rôle mineur dans le calcul du risque de dommages. Le paramètre décisif est alors le dommage potentiel existant sur les surfaces inondées, ce qui donne pour l'Allemagne une réduction du risque de dommages de 5 à -10 % et pour la France et les Pays-Bas de 0 à 5 %.

En cas de crue imminente de ce type, les mesures d'urgence ont un effet positif et sont réalisables de manière rapide et efficace lorsqu'elles sont bien préparées.

4.3.4 Tronçons non endigués du Rhin

Pour les **tronçons non endigués du Rhin**, une réduction élevée des dommages potentiels est obtenue au travers de la mise en œuvre des mesures décrites de 'préservation de surfaces', 'protection des immeubles', 'substances dangereuses pour les eaux', 'information' et 'mesures d'urgence'. Signalons que la réduction des dommages potentiels a permis d'atteindre à elle seule la réduction visée de 10 % des risques de dommages.

Au cours de la période couverte par le rapport, les effets des mesures de réduction des niveaux d'eau sur la probabilité d'inondation contribuent par ailleurs à réduire sensiblement les risques de dommages d'env. 25 à 30 % en Allemagne. Il n'est pas possible d'entreprendre de mesure de réduction des niveaux d'eau sur le haut Rhin ; il en résulte donc pour la Suisse une réduction des risques de dommages de 20 à 25%, ce pourcentage correspondant à l'abaissement des dommages potentiels.

| Suisse | | non endigué | endigué | France | | non endigué | endigué |
|--------------------------|--|-------------|---------|--------------------------|--|-------------|---------|
| Débits référence | | 20-25 | --- | Débits référence | | 15-20 | 5-10 |
| débits > débit référence | | --- | --- | débits > débit référence | | --- | 0-5 |

| Allemagne | | non endigué | endigué | Pays-Bas | | non endigué | endigué |
|--------------------------|--|-------------|---------|--------------------------|--|-------------|---------|
| Débits référence | | 25-30 | 5-20 | Débits référence | | --- | 10-15 |
| débits > débit référence | | --- | 5-10 | débits > débit référence | | --- | 0-5 |

Tableau 6 : Modification des risques de dommages (%)

--- = non pertinent

résultats des calculs relatifs au risque de dommages, compte tenu des résultats des modifications au niveau des dommages potentiels et des occurrences, sont présentés dans le **tableau 7** pour les Etats riverains du Rhin.

| | Dommages potentiels | | | | probabilité-d'inondation | | Risque de dommages | | Modification du risque de dommages (%) | |
|---|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| | 1995 Mio. € | 2005 sans mesures Mio € | 2005 avec mesures Mio € | Änder- ung SP (Δ %) | 2005 sans mesures 1/Jahr | 2005 avec mesures 1/Jahr | 2005 sans mesures Mio €/an | 2005 avec mesures Mio €/an | débit théorique atteint (Δ %) | débit théorique dépassé (Δ %) |
| Suisse (non endigué) | 16,5 | 19 | 15 | 23 | 0,005 | 0,005 | 0,1 | 0,07 | 23 | - |
| France (endigué) | 678 | 827 | 827 | 0 | 0,0016 | 0,0015 | 1,3 | 1,2 | 13 | 0 |
| France (non endigué) | 68 | 83 | 71 | 14 | 0,0059 | 0,0056 | 0,49 | 0,4 | 18 | - |
| Allemagne (endigué) | 30767 | 35531 | 33215 | 7 | 0,0054 | 0,0047 | 190,4 | 156,4 | 18 | 7 |
| Allemagne (non endigué) | 1679 | 1940 | 1452 | 25 | 0,0051 | 0,0049 | 9,9 | 7,1 | 28 | - |
| Pays-Bas (endigué et digues consolidées) | 127899 | 171886 | 168317 | 2 | 0,00088 | 0,00077 | 151 | 130 | 14 | 2 |

*Tableau 7 : Résultats des calculs du risque de dommages, y compris dommages potentiels, probabilités d'inondation et risques de dommages par Etat/Land.
Les indications chiffrées de probabilité d'inondation représentent une moyenne.*

5. Conclusions

Pour l'atteinte de l'objectif visé en 2005 d'une réduction de 10% des risques de dommages, on peut dire en résumé :

- que la réduction des risques de dommages est déjà atteinte dans les **zones non endiguées** du seul fait de la réduction des dommages potentiels.
- que l'objectif de réduction est atteint **dans les tronçons endigués** dans la marge d'ordre de grandeur du **débit (théorique) de référence** par l'action combinée de la réduction des dommages potentiels et de la probabilité d'inondation. Les réductions du risque de dommages en découlant varient entre 10 et 20%.
- L'objectif de réduction du risque de dommage 2005 n'est pas atteint **dans les tronçons endigués quand les débits sont supérieurs au débit théorique de référence**.

Pour les **tronçons non endigués**, il convient de souligner que toutes les catégories de mesures ont un impact réel de réduction des risques de dommages. Les mesures de préservation des surfaces et de protection des bâtiments notamment ont un impact important à long terme et sont à prendre en compte à longue échéance du fait qu'elles ne peuvent être appliquées que lentement. D'autres mesures telles que celles concernant l'information et la planification de mesures d'urgence, que l'on peut appliquer de manière plus rapide, sont à gérer durablement si l'on entend empêcher que leur effet faiblisse. En regard des mesures déjà mises en œuvre pour réduire les dommages potentiels, il sera globalement de plus en plus difficile à l'avenir d'obtenir des réductions supplémentaires sensibles des dommages. Les efforts doivent cependant se poursuivre, notamment au niveau de la préservation des surfaces.

L'impact sur la probabilité d'inondation des mesures d'abaissement des niveaux d'eau réalisées de 1995 à 2005 a également contribué à réduire notablement les risques de dommages. Sur les tronçons allemands non endigués notamment, les mesures de réduction des niveaux d'eau se traduisent par une moindre fréquence d'apparition de niveaux d'eau élevés, car l'effet des mesures de rétention du Rhin supérieur se fait directement ressentir. Il est donc indispensable de poursuivre ces mesures d'abaissement des niveaux d'eau si l'on entend atteindre l'objectif 2020.

Pour les **zones situées derrière les digues**, il est particulièrement important de disposer d'un ensemble de plans d'urgence et de systèmes de lutte contre les risques majeurs combiné aux tâches nécessaires de sensibilisation et d'information des personnes touchées, car les restrictions d'usages et les mesures de protection des bâtiments sont difficiles à faire accepter. Dans la planification des mesures d'urgence, il conviendrait d'intégrer la mise en place des compartiments submersibles dans les zones exposées au risque d'inondation ainsi que l'éventualité d'une défaillance des ouvrages de protection.

On note par ailleurs que la modification de la probabilité d'inondation contribue également à abaisser les risques de dommages quand les niveaux d'eau sont dans l'ordre de grandeur des **niveaux théoriques (de référence)**.

Il convient donc de poursuivre dans leur intégralité les programmes de création d'espaces de rétention engagés sur le Rhin supérieur et sur le Rhin inférieur ainsi que le programme 'Espace pour le fleuve' aux Pays-Bas. On examinera en outre d'autres mesures d'aménagement hydraulique susceptibles d'abaisser les niveaux d'eau et, de ce fait d'atteindre les objectifs du plan d'action et de réduire les risques de dommages. On estime qu'il sera difficile d'atteindre l'objectif 2020 en matière de sensibilisation dans les zones endiguées étant donné que la conscience du risque d'inondation y est moins prononcée que dans les zones régulièrement confrontées aux crues. Il convient ici de renforcer les efforts de sensibilisation.

En cas de **débâts extrêmes** dans les zones situées **derrière les digues**, on ne peut abaisser les risques de dommages que par le biais d'une réduction des dommages potentiels. Dans les surfaces inondées, le paramètre déterminant est celui des dommages potentiels existants, ce qui donne pour l'Allemagne une réduction des risques de dommages de 5 à 10 % et pour les Pays-Bas de 0 à 5 %. En cas de crue extrême accompagnée d'une submersion des digues, l'objectif 2005 est déjà difficile à atteindre en soi et la réduction de 25 % attendue pour 2020 ne sera vraisemblablement pas possible sans efforts supplémentaires.

6. Perspectives

Au-delà de l'état actuel de mise en œuvre des mesures, il sera à l'avenir de plus en plus difficile de réduire plus encore le risque de dommages. Dans la perspective d'une augmentation probable des dommages potentiels dans les zones exposées au risque d'inondation, les réflexions suivantes semblent opportunes :

L'efficacité de toutes les mesures techniques et de génie hydraulique réalisées en commun sur le Rhin (polders inondables, digues, mise en place et protection de zones d'expansion des crues) ainsi que les mesures prises en matière de prévention des crues, comme par ex. celles axées sur la prévision des crues, la prévention des risques majeurs et la protection individuelle (par ex. des bâtiments) est limitée. Quand ces limites sont dépassées, des dommages se produisent. En outre, ces mesures sont onéreuses et complexes en présence de grandes profondeurs d'inondation.

Il apparaît donc utile d'engager – si cela n'a pas déjà été fait – des calculs de rentabilité de ces futures activités, ces calculs devant comparer sur une période donnée les coûts de mise en place et d'exploitation d'une catégorie de mesures et le gain (bénéfice) obtenu correspondant aux dommages qu'elle aura permis d'éviter. Il est important dans ce contexte d'y intégrer les coûts ultérieurs et les dommages non matériels. Une grande attention doit également être accordée à la délimitation des zones examinées.

Les travaux de Groupes de travail de la CIPR ont en outre nettement montré que la croissance continue des dommages potentiels ne pouvait pas être maîtrisée uniquement au travers des mesures et techniques susmentionnées. Il est donc essentiel de ne pas laisser (plus longtemps) croire à l'opinion publique et aux décideurs politiques que les diverses mesures prises ou prévues jusqu'alors seront à même de contrebalancer les effets d'une exploitation intensive des surfaces exposées au risque d'inondation.

Si l'on entend réduire significativement (et sur une base volontaire) l'étendue des valeurs susceptibles d'être endommagées, la mesure la plus efficace et la plus importante à long terme est celle consistant à appliquer une politique restrictive de gestion des surfaces, en vue d'exclure ou de restreindre très fortement les nouvelles implantations et le développement des biens dans les zones exposées au risque d'inondation dans tous les Etats riverains du Rhin. A moyen et à long terme, cette mesure intègre également dans l'absolu des projets de déplacement d'installations importantes, soit pour des raisons de protection civile, soit pour des raisons économiques.

Bibliographie

Bundesgesetzblatt Jahrgang 2005, Teil I, Nr. 26 vom 9.5.2005: Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (1998) : '**Plan d'Action** contre les Inondations de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)', Coblenz

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (2001) : 'Atlas de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crues extrêmes sur le Rhin', Coblenz.

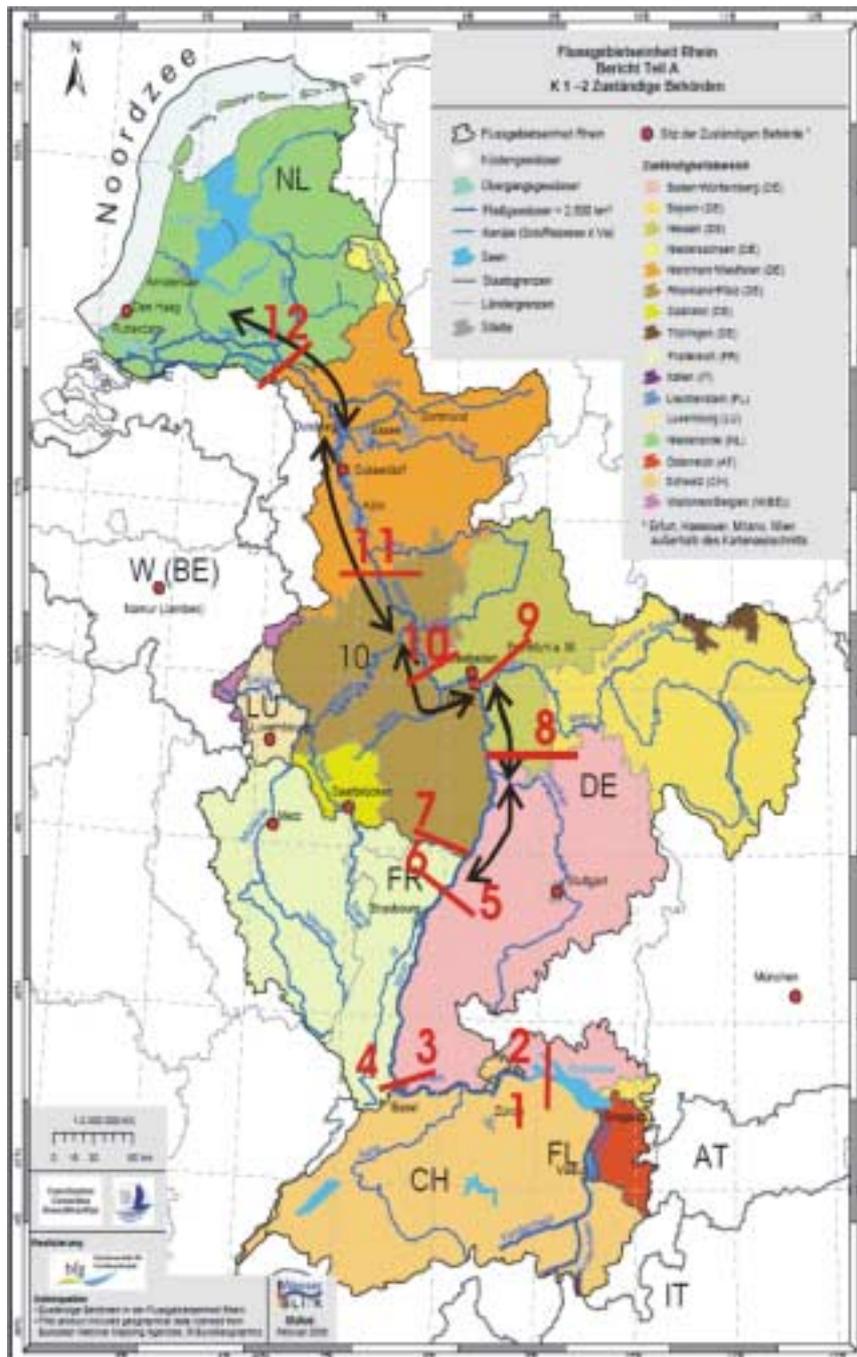
Commission Internationale pour la Protection du Rhin (2002) : 'Prévention des crues – Mesures et leur efficacité', Coblenz.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (2005) : 'Identification de l'efficacité des mesures de réduction des niveaux de crue extrêmes à la suite de la mise en œuvre du Plan d'action contre les inondations jusqu'en 2005' Groupe de travail HVAL, Coblenz.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (document interne, 2005) : 'Instruments d'identification de la réduction des risques de dommages (Hiri) – Méthode, données de base, analyse de sensibilité (= rapport final de la phase 1), Hiri 09-05f rev. 20.07.05, Coblenz.

Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil concernant l'évaluation et la lutte contre les inondations (2006) : COM(2006)15 final du 18.1.2006

Subdivision du Rhin en tronçons

**Figure : subdivision du Rhin en tronçons :**

Les 12 tronçons du Rhin sont présentés dans le tableau. Ces 12 tronçons sont délimités par des **barres rouges** et numérotés dans la figure.

Les **flèches** (noires) **bidirectionnelles** indiquent les tronçons auxquels se rapportent les échelles d'arrivée pour le calcul de la réduction du niveau d'eau et de la modification de la probabilité d'inondation.

Subdivision du Rhin en tronçons

| n° | Tronçon du Rhin PK de départ et d'arrivée | Pays | Land fédéral | Rhin | endigué | échelle d'arrivée ¹¹ |
|----|--|-----------|-----------------------------|----------------|---------|---------------------------------|
| 1 | 0 - 169 | Suisse | | Haut Rhin | | |
| 2 | 0 - 169 | Allemagne | Bade-Wurtemberg | Haut Rhin | | |
| 3 | 169 - 334 | Allemagne | Bade-Wurtemberg | Rhin supérieur | régulé* | |
| 4 | 167 - 334 | France | | Rhin supérieur | régulé | |
| 5 | 334 - 437 | Allemagne | Bade-Wurtemberg | Rhin supérieur | endigué | Maxau |
| 6 | 334 - 352 | France | | Rhin supérieur | endigué | Maxau |
| 7 | 352 - 529 | Allemagne | Rhénanie-Palatinat | Rhin supérieur | endigué | Worms |
| 8 | 437 - 497 | Allemagne | Hesse | Rhin supérieur | endigué | Worms |
| 9 | 497 - 544 | Allemagne | Hesse | Rhin moyen | - | Kaub |
| 10 | 529 - 641 | Allemagne | Rhénanie-Palatinat | Rhin moyen | - | Kaub |
| 11 | 641 - 862 | Allemagne | Rhénanie-du-Nord-Westphalie | Rhin inférieur | endigué | Cologne |
| 12 | 862 - 10 | Pays-Bas | | Delta du Rhin | endigué | Lobith |

Tableau: Subdivision du Rhin en tronçons pour le calcul des risques de Dommages

Calcul de la réduction des niveaux d'eau et mise en relation avec les échelles d'arrivée.

* Le tronçon du haut Rhin côté allemand, qui jouit d'un degré de protection élevé sur la plus grande partie de son cours et où les segments non protégés sont minimes, est considéré dans le calcul de la modification du risque de dommage comme un tronçon endigué.

¹¹ Référence pour la réduction du niveau d'eau et la modification de la probabilité

Subdivision du Rhin en tronçons

Des travaux de protection physique contre des inondations ont été réalisés sur la partie française du Rhin longtemps avant la mise en place du programme d'action contre des inondations du Rhin préconisé par la CIPR.

Dans le tronçon français amont, qui va de la frontière Suisse jusqu'à Strasbourg, ces travaux ont essentiellement consisté :

- à construire sur les rives du fleuve des épis rocheux qui ont augmenté la vitesse de l'eau dans le lit mineur. Cette technique a permis d'abaisser le lit du fleuve parfois jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur.
- A construire parallèlement au fleuve sur la rive française le « Grand Canal d'Alsace », canal de navigation à grand gabarit, avec un ensemble de digues qui protège maintenant des crues du fleuve les terrains situés dans la plaine d'Alsace.

La réalisation de ces deux types de travaux a fortement artificialisé l'écoulement du fleuve et diminué de façon très importante les risques de dommages sur la partie française du Rhin. On considère maintenant que les terrains situés au-delà du « grand Canal d'Alsace » ne sont plus mis en danger par les crues du fleuve, même pour des débits d'une fréquence aussi rare que 1/1.000 ans.

Pour cette raison, au cours de la période récente, la France n'a pas mis en œuvre d'importantes mesures physiques supplémentaires pour protéger ces zones des crues du Rhin.

Il subsiste toujours, pour les terrains de la plaine d'Alsace en amont de Strasbourg, un risque d'inondation. Cependant l'origine de ces inondations n'est maintenant plus le fleuve RHIN mais seulement une élévation du niveau de la nappe phréatique, ou bien un débordement des rivières affluentes du Rhin.

Dans le tronçon français aval, qui va de Strasbourg à Lauterbourg, le fleuve a été laissé en écoulement libre et naturel. Cependant d'importantes digues ont été construites pour protéger les terrains situés loin du fleuve. Par ailleurs, les constructions implantées directement entre le fleuve et les digues sont peu nombreuses et ne représentent qu'un montant de dommage très limité, à l'exception du secteur le plus aval, vers LAUTERBOURG, où subsistent quelques terrains vulnérables où sont implantées des industries.

Pour ce secteur aval situé à la frontière franco-allemande, des travaux de protection physique par construction de digues par les deux pays sont maintenant décidés et sont en cours de réalisation par la France et l'Allemagne. Ces travaux devraient, à très court terme, permettre de diminuer sensiblement le montant des dommages résiduels dans ce tronçon aval français.

En dehors des travaux physiques de protection, la France n'est pas restée inactive au cours des dernières années face au risque que représentent les inondations. De nombreuses mesures ont été mises en œuvre de façon générale sur l'ensemble du territoire.

On peut citer :

Au niveau organisationnel : l'amélioration de la protection des populations grâce à de meilleures prévisions et une meilleure alerte.

- Par une réforme importante de l'organisation des services chargés de l'annonce et de la prévision des crues

Subdivision du Rhin en tronçons

- Par une modernisation des réseaux de mesures hydrométriques et météorologiques et des outils de calcul. Cette réforme est mise en place progressivement à partir de 2006.
- Par une meilleure communication avec le public au moyen des principaux médias. Cette réforme est mise en œuvre progressivement sur l'ensemble du territoire national en 2005 et en 2006. Elle devrait apporter son plein effet dans les prochaines années ;

Au niveau de la prévention : la mise en place de réglementations plus efficaces pour :

- mieux connaître et évaluer les risques grâce à des Plans Particuliers Risques d'Inondation (PPRI) réalisés dans chaque bassin versant
- mieux informer les habitants
 - par la publication des cartes des terrains reconnus inondables
 - par l'obligation de réaliser un plan communal contre tous les risques majeurs, plan qui est porté à la connaissance du public et qui est révisé régulièrement,
 - Par l'inscription dans le plan communal d'occupation des sols des parcelles soumises au risque d'inondation
 - par l'obligation pour les communes d'installer sur les édifices publics des « repères de crues »
- mieux intégrer le risque inondation dans les décisions foncières
 - en obligeant à informer l'acheteur d'un bien immobilier de l'existence d'un risque d'inondation.
 - en imposant pour les terrains inondables des interdictions de construire ou des contraintes spécifiques.

Ces règlements existent et sont maintenant mis en œuvre. Ils devraient progressivement améliorer la situation en diminuant –au fil des années– le montant des biens exposés au risque d'inondation.

Au niveau des travaux hydrauliques : l'amélioration du fonctionnement hydraulique des cours d'eau pour :

- préserver les zones naturelles humides qui constituent des secteurs favorables à l'expansion des crues et contribuent à la dissipation de l'énergie des rivières.
- entretenir et restaurer le lit des rivières afin d'améliorer l'écoulement naturel.

En France, un effort très conséquent est consenti volontairement depuis plus d'une dizaine d'années pour ce type de mesure. Les améliorations qui vont en résulter doivent s'amplifier encore au cours des années prochaines.

Au niveau des moyens de secours, un effort important a été réalisé au cours de ces dernières années par l'organisation de la solidarité nationale au travers d'une assurance obligatoire: le système CATASTROPHE NATURELLE ce système permet sur ordre du gouvernement d'indemniser les victimes d'aléas naturels à partir d'un fond de garantie. Ce système qui est en place maintenant depuis plusieurs années, est jugé efficace car il permet d'éviter de nombreux drames humains.

Enfin, et plus spécifiquement au fleuve RHIN, la contribution de la France à la maîtrise globale de la gestion internationale des crues du fleuve par

- la construction des deux polders construits sur le territoire Français à GAMBSHEIM et à SELESTAT dans le but d'écrêter les crues du RHIN et d'abaisser le niveau d'eau dans le fleuve à l'aval.
- **le fonctionnement du CARING (Centre d'Alerte et d'Information Nautique de GAMBSHEIM)** qui assure la prévision des crues du fleuve, la diffusion des alertes inondation, la surveillance des digues, la manœuvre des ouvrages de protection de la navigation ainsi que la gestion des polders écrêteurs de crue.