



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

Mise en oeuvre du Plan d'action contre les inondations

Rapport 2005

Année de référence 1995

Synthèse	4
1. Introduction	5
2. Objectifs opérationnels et catégories de mesures	7
3. Réduction des risques de dommages dus aux inondations	8
3.1 Directives politiques et dispositions légales de base visant à réduire les risques de dommages dus aux inondations.....	8
3.1.1 Suisse	8
3.1.2 France	9
3.1.3 Allemagne.....	10
3.1.4 Pays-Bas.....	11
3.2 Mesures de planification telles que désignation de zones inondables, mesures préventives en matière de construction, mesures de lutte contre les risques majeurs etc.	13
3.2.1 Suisse	14
3.2.2 France	15
3.2.3 Allemagne.....	15
3.2.4 Pays-Bas.....	18
3.3 Mesures techniques de protection contre les inondations.....	19
3.3.1 Suisse	19
3.3.2 France	20
3.3.3 Allemagne.....	20
3.3.4 Pays-Bas.....	21
3.4 Assurances contre le risque d'inondation.....	22
3.4.1 Suisse	22
3.4.2 France	22
3.4.3 Allemagne.....	22
3.4.4 Pays-Bas.....	23
3.5 Diminution quantitative des risques de dommages dus aux inondations ...	23
4. Réduction des niveaux de crue	27
4.1 Amélioration de la rétention des eaux dans le corridor fluvial.....	27
4.1.1 Haut Rhin.....	28
4.1.2 Rhin supérieur	28
4.1.3 Rhin moyen	29
4.1.4 Rhin inférieur	29
4.1.5 Delta du Rhin	29
4.2 Amélioration de la rétention des eaux dans le bassin versant.....	30
4.2.1 Suisse	30
4.2.2 France	31
4.2.3 Allemagne.....	32
4.2.4 Pays-Bas.....	33
4.3 Réduction quantitative des niveaux de crue extrêmes.....	33

5.	Sensibilisation renforcée au risque d'inondation	38
5.1	Activités de la CIPR	38
5.2	Activités bilatérales (Rhénanie-du-Nord-Westphalie et Pays-Bas)	39
5.3	Activités en Suisse	39
5.4	Activités en France	39
5.5	Activités en Allemagne.....	40
5.6	Activités aux Pays-Bas.....	42
5.7	Activités des organisations non gouvernementales	42
6.	Amélioration de l'annonce et de la prévision des crues	44
6.1	Coopération internationale et connexion des centres de prévision	44
6.2	Le système de prévision le long du Rhin et les temps de prévision	44
6.3	Amélioration des données d'entrée météorologiques pour le système de prévision sur le Rhin.....	46
6.4	Fiabilité des prévisions de crues	46
6.5	Mise à disposition et utilisation des informations sur les crues	47
7.	Evaluation synthétique et perspectives	48
7.1	Evaluation.....	48
7.2	Perspectives 2020	50
7.3	Conclusions	52

Annexes

- Liens Internet relatifs à la protection contre les inondations
- 2 illustrations au chap. 3.5 : Modification des dommages potentiels en 2005 avec et sans mesures et réduction du risque de dommage [en%]
- Illustrations au chap. 4.1 : Mesures de rétention opérationnelles sur le Rhin 2020
- Illustrations au chap. 4.3 : Réduction des niveaux de crue pour un HQ₂₀₀ (minimum/maximum) aux échelles d'arrivée [en cm]
- Illustrations au chap. 6 : Centres d'annonce et de prévision des crues sur le Rhin

Synthèse

1. Presque toutes les mesures prévues dans le Plan d'Action contre les Inondations jusqu'en 2005 ont été réalisées dans le cadre financier correspondant.
2. La modification des risques de dommages met en relief deux zones distinctes sur le Rhin : sur les tronçons non endigués, les réductions sont nettement plus importantes que sur les tronçons endigués.
3. Les espaces de rétention des crues mis en place directement sur le cours principal ont l'impact le plus important sur la réduction des niveaux de crue extrêmes du Rhin.
4. La réduction visée des niveaux d'eau en situation de crue extrême sur le cours principal du Rhin jusqu'à 30 cm d'ici 2005 par rapport à 1995 n'est atteinte que sur le Rhin supérieur à hauteur de Maxau. Sur le Rhin moyen, cette réduction est d'env. 10 cm. Sur le Rhin inférieur et dans le delta du Rhin, les réductions d'amenuisent progressivement.
5. Les cartes des aléas et des risques d'inondation (cf. atlas rhénan 2001 de la CIPR) renforcent la conscience du risque et sont un excellent outil de communication. Dans les zones menacées, ces cartes devraient faire ressortir les unités foncières concernées et être facilement accessibles au public.
6. Des centres de prévision des crues fonctionnels et des systèmes de prévision des crues par bassin sont des instruments indispensables pour une prévention des crues efficace.
7. L'augmentation des délais de prévision de 100 % d'ici 2005 a été atteinte. Les prévisions n'ont cependant pas le même degré de fiabilité que celui des prévisions initiales à plus court terme.
8. Il est présumable que les changements climatiques entraîneront à l'avenir des débits plus élevés en hiver et plus faibles en été. La mise en oeuvre des objectifs du Plan d'action gagne de ce fait en importance.
9. Comme il apparaît peu probable que les mesures prévues d'ici 2020 suffisent pour atteindre les objectifs opérationnels, il est nécessaire de réaliser une étude de faisabilité. Cette étude de faisabilité devra mettre en évidence ce qui peut être fait en plus pour l'atteinte des objectifs.
10. L'amélioration de la prévention des crues est une tâche permanente qui invite tous les acteurs à agir de manière intégrée et solidaire à l'échelle du bassin. Les personnes concernées doivent se transformer en acteurs.

1. Introduction

La CIPR a adopté lors de la 12^{ème} Conférence ministérielle sur le Rhin le 22 janvier 1998 le Plan d' Action contre les inondations. La mise en place de Plan d' Action a été motivée par les crues catastrophiques survenues autour de Noël 1993 et par les inondations majeures qui ont suivi 13 mois plus tard sur le Rhin et la Moselle. Les images de villes rhénanes et mosellanes envahies par les eaux et de l' évacuation de plus de 200.000 personnes et d' env. 1million de têtes de bétail aux Pays-Bas ont fait la une de l'actualité pendant presque deux semaines en Europe occidentale.

Le Plan d'Action contre les inondations met en relief les actions à engager d'ici 2020 en matière de prévention des crues du Rhin et de son bassin. Il se décline en plusieurs étapes successives. Son objectif est de mieux protéger les personnes et les biens contre les inondations tout en promouvant la restauration du Rhin et de son milieu alluvial.

Lors de la 13^{ème} Conférence ministérielle sur le Rhin tenue au début, il a été décidé d'intégrer tous les éléments du Plan d'action contre les inondations dans le « Programme pour le développement durable du Rhin - Rhin 2020 » pour engager sur le Rhin et dans son bassin une politique de gestion intégrée des eaux. On entend assurer de cette manière que soient globalement prises en compte les interdépendances et les interactions entre qualité et quantité des eaux, écologie et eaux souterraines.

La coopération entre Etats riverains dans la partie méridionale du bassin du Rhin en matière de prévention des crues a démarré en 1968 avec la « Commission d'Etudes des Crues du Rhin » sur le Rhin supérieur ; la décision de mettre en oeuvre un Plan commun d'Action contre les inondations a donné une impulsion forte aux actions et mesures à l'échelle du bassin, les intégrant dans un concept global. Des accords intergouvernementaux ont suivi pour consolider cette coopération sur des sujets plus spécifiques.

Un premier rapport de mise en oeuvre du Plan d'Action contre les inondations a été présenté en l'an 2000 ; les prochains doivent suivre à un rythme quinquennal. Le présent rapport, qui est le deuxième de cette série, se concentre sur le bilan des activités de prévention des crues engagées depuis 1995. Leurs impacts ont été analysés, décrits et quantifiés à l'aide de nouvelles méthodes. Dans le cadre des CIPMS, le bassin de la Moselle et de la Sarre est recensé de manière comparable dans un Plan d'Action spécifique. Les principaux résultats de ce Plan sont intégrés dans le présent rapport.

Pour promouvoir la prévention des crues sur le Rhin et la Meuse, l'Union européenne a octroyé de 1998 à 2002 des subventions de l'ordre de 140 millions d'euros dans le cadre du programme communautaire IRMA (**A**ctivités **I**nterreg-**R**hin-**M**euse). Ces fonds ont été relevés par les Etats riverains à un total d'environ 420 millions d'euros. Au travers de la mise en oeuvre de 153 projets individuels au total, il a été possible d'accélérer de manière sensible l'application du Plan d'Action¹.

Il existe au niveau de l'UE (par ex. FEADER², INTERREG, FEDER³ et autres) différents soutiens financiers pour la mise en oeuvre des mesures de prévention des crues dans les Etats.

¹ On trouvera une description détaillée des projets en consultant le site internet IRMA.

² FEADER : Décision du Conseil sur les orientations stratégiques communautaires pour le développement rural (période de programmation 2007-2013), promotion du développement rural conformément au Règlement (CE) n° 1257/1999

³ FEDER: Fonds européen de développement régional (FEDER) : Promotion de la « mise en oeuvre de plans et de mesures visant à prévenir et à gérer les risques naturels et technologiques »

Les actions restant à engager en matière de protection contre les inondations restent à l'ordre du jour, comme le montrent les nombreuses crues extrêmes survenues au cours de la dernière décennie dans d'autres bassins, par exemple en 1997 sur l'Oder, en 1999 sur le Danube, et surtout à l'été 2002 avec les inondations désastreuses qui ont ravagé les bassins de l'Elbe et du Danube, faisant 21 victimes et occasionnant des dommages matériels d'environ 11,3 milliards d'euros en territoire allemand et tchèque⁴.

A la suite des crues de grande ampleur survenues sur l'Elbe et le Danube en 2002, la Commission de l'UE, s'inspirant du Plan d'action contre les inondations sur le Rhin, a lancé une initiative qui a débouché sur une « Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil relative à l'évaluation et à la gestion des inondations »⁵. Le 27 juin 2006, le Conseil de l'environnement de l'UE a fixé une « position commune » pour cette directive.

Les crues extrêmes qui ont touché de grandes parties de la Suisse, de la Bavière et du Vorarlberg en août 2005 ont provoqué des dommages record. On signalera pour finir les crues d'ampleur exceptionnelle survenues en avril 2006 sur tout le bassin de l'Elbe et du Danube et dont les dommages ne sont pas encore quantifiés.

La succession chronologique de crues extrêmes à brefs intervalles de temps en Europe montre que les inondations et les dommages qu'elles occasionnent restent d'actualité, et ceci d'autant plus que le risque d'inondation est susceptible de s'aggraver avec les changements climatiques présagés.

⁴ IKSE 2004: Documentation de la crue d'août 2002 dans le bassin versant de l'Elbe.

⁵ http://europa.eu.int/comm/environment/water/flood_risk/index.htm

2. Objectifs opérationnels et catégories de mesures

Les objectifs opérationnels du Plan d'Action contre les inondations ont été concrétisés sous forme quantitative afin qu'il soit possible de mesurer le succès atteint et de contrôler les résultats. Les objectifs opérationnels convenus pour 2005 et 2020 sont les suivants:

- *Réduire les risques de dommage - Réduire les risques de dommages de 10 % d'ici 2005 et de 25 % d'ici 2020*
- *Réduire les niveaux de crue - Réduire les niveaux de crue extrêmes jusqu'à 30 cm d'ici 2005 et jusqu'à 70 cm d'ici 2020 en aval du tronçon régulé du Rhin supérieur (en aval de Baden-Baden).*
- *Renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation - renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation en établissant des cartes des risques pour 100 % des surfaces inondables et des zones menacées par les inondations d'ici 2005*
- *Améliorer le système d'annonce de crue - Améliorer à court terme les systèmes d'annonce de crue par le biais d'une coopération internationale. Augmenter les délais de prévision de 100 % d'ici 2005.*

Les objectifs opérationnels sont à atteindre au travers des catégories de mesures suivantes :

Les **mesures de réduction des risques de dommages** se réfèrent des mesures préventives en matière de planification, comme celles consistant p.ex. à désigner des zones inondables, à les préserver ou éventuellement à ne tolérer que des usages adaptés aux crues, à établir des cartes des aléas et des risques afin de mieux sensibiliser les populations et d'améliorer les prévisions de crue etc.

La **probabilité d'inondation est réduite** grâce aux mesures de réduction des niveaux de crue : Promouvoir la rétention des eaux dans le bassin et dans le corridor fluvial par ex. en redynamisant les zones inondables au travers de mesures de recul de digues (plus d'espace pour le fleuve), en créant de nouveaux espaces de rétention, en développant la nature, en extensifiant l'agriculture, en développant les surfaces boisées, en promouvant l'infiltration des eaux pluviales et en mettant en place des dispositifs techniques de rétention des crues. L'entretien et la consolidation des digues restent des tâches de premier plan indispensables pour la protection des implantations et des populations.

Le Plan d'action contre les inondations présente un large éventail de mesures visant à protéger les personnes et les biens de valeur contre les inondations ou à minimiser les dommages. Au sens d'une politique de développement durable du Rhin, il faut sauvegarder et restaurer simultanément les milieux aquatiques et terrestres afin de compenser les dégradations écologiques commises par le passé. Les mesures doivent si possible poursuivre simultanément plusieurs objectifs. Cette approche autorise une grande souplesse dans le choix des mesures.

Pour la bonne exécution du Plan d'action contre les inondations, une coopération étroite et constructive en matière de gestion des eaux, d'aménagement du territoire, de protection de la nature, d'agriculture et de sylviculture est nécessaire au niveau local, régional, national et international. Cette approche globale concrétisée par des actions solidaires et intégrées à l'échelle du bassin du Rhin est exemplaire en Europe et a un caractère paradigmatique pour les plans d'action contre les inondations sur la Moselle et la Sarre, la Meuse, l'Elbe, l'Oder et le Danube.

3. Réduction des risques de dommages dus aux inondations

La mise en oeuvre du Plan d'Action contre les inondations doit permettre d'obtenir d'ici 2005 une réduction de 10% des risques de dommages.

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

Une gestion intégrale du risque doit donc prendre en compte différents types de mesures :

- mesures politiques (chapitre 3.1)
- mesures d'aménagement (chapitre 3.2)
- mesures techniques de protection contre les inondations (chapitre 3.3)
- assurances (chapitre 3.4)

On trouvera au chapitre 3.5 une présentation des réductions atteintes sur les risques de dommages liés aux inondations au travers de mesures mises en oeuvre dans le cadre du Plan d'Action contre les Inondations de 1995 à 2005.

3.1 Directives politiques et dispositions légales de base visant à réduire les risques de dommages dus aux inondations

3.1.1 Suisse

La Loi sur l'aménagement des cours d'eau, en vigueur depuis 1991, fixe des priorités claires de protection des personnes et des biens matériels de grande valeur. La règle primordiale est de maintenir le niveau de sécurité existant au travers de mesures d'entretien appropriées. Les mesures de planification, et notamment celles prises au titre de l'aménagement du territoire visent en outre à empêcher que les dommages potentiels n'augmentent. Des mesures techniques de protection ne sont prises que dans les cas où les mesures de planification s'avèrent insuffisantes. En conformité avec la Loi sur la protection des eaux, les cours d'eau doivent satisfaire aux exigences de la protection contre les inondations et aux dispositions écologiques en vigueur. Les « Recommandations visant à prendre en compte les aléas d'inondation dans le cadre des activités ayant un impact sur l'espace » ont été publiées en 1997. L'ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau a été complétée en 1999 par des dispositions sur le besoin minimal en espace requis par les cours d'eau.

La directive sur la « Protection contre les crues des cours d'eau » a été publiée en 2001. Elle rassemble les différents fondements juridiques de protection technique et écologique et fournit des indications pratiques de mise en oeuvre. Les éléments centraux de la planification sont d'une part les cartes des aléas, sur lesquelles se fonde l'estimation du risque, et d'autre part la prise en compte de la situation dite de « surcharge », c'est-à-dire d'occurrence d'une crue plus importante que la crue théorique. La crue extrême survenue en août 2005 a démontré la nécessité et l'efficacité de ces mesures d'urgence.

Dans le cadre de la protection contre les inondations, la période comprise entre 2000 et 2005 peut être considérée comme une phase de consolidation ; en revanche, la protection contre les accidents majeurs a été radicalement réorientée. Un nouvel état de référence a été mis au point de 1999 à 2001 avec les cantons et les organisations partenaires associées. Les efforts se sont concentrés sur la création d'un système de mise en réseau des services de pompiers, de police et de politique sanitaire, des entreprises techniques et des services de la protection civile. Ces organisations sont désormais placées sous une direction commune au sein de ce réseau et ont pour compétence de maîtriser les risques majeurs et les situations d'urgence. La coordination s'étend également à la planification et aux préparatifs des interventions. Une nouvelle loi

fondée sur l'état de référence défini pour la protection de la population, la Loi fédérale sur la protection de la population et sur la protection civile (LPPCi), a été adoptée par le Parlement le 4 octobre 2002. Soumise à référendum le 18 mai 2003, cette loi a obtenu une majorité de 80 %, un résultat exceptionnel pour un tel suffrage. La LPPCi est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2004.

Pour renforcer la prévention, promouvoir la protection intégrée et regrouper les compétences, les services de protection contre les risques naturels au sein de l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie (OFEG) ont été intégrés dans le nouvel Office Fédéral de l'Environnement (OFE). L'ancien Office Fédéral de la Protection Civile (OFPC) a été reconstitué sous l'appellation d'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) pour s'ancrer dans le nouveau réseau mis en place. Les tâches de protection civile ont été réduites et de nouvelles unités ont été attribuées à ce nouvel Office (Tâches ABC, Laboratoire Spiez, Centrale nationale d'alarme). Le nouveau OFPP a démarré ses activités le 1^{er} janvier 2003.

3.1.2 France

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), approuvé par le préfet coordonnateur du Bassin Rhin-Meuse fin 1996, prévoit de préserver les zones inondables naturelles et résiduelles de tout remblaiement, endiguement et urbanisation et, à l'intérieur des zones inondables déjà urbanisées, de limiter les aménagements de protection à la stricte nécessité de protection des personnes.

La réglementation des usages se traduit en France par la mise en place des **Plans de Prévention de Risque (PPR)** qui définissent les règles d'urbanisme voire les règles de construction à respecter sur un territoire soumis au risque d'inondation.

La circulaire interministérielle du 24 janvier 1994 fixe les trois principes qui doivent guider l'action de l'Etat en la matière :

- interdire toute construction nouvelle à l'intérieur des zones inondables soumises aux aléas les plus forts et limiter fortement l'intensification de l'occupation des sols dans les zones soumises à des aléas moins importants, de façon à ne plus augmenter l'importance des populations et des biens exposés,
- limiter strictement l'extension des périmètres urbanisés dans les zones inondables, de manière que celles-ci puissent conserver leur rôle de stockage naturel des crues, diminuant ainsi leur intensité pour les secteurs situés plus en aval,
- éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau dans les zones inondables qui ne serait pas justifié par la protection de lieux déjà fortement urbanisés, de façon à conserver cette capacité de stockage.

La loi n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement a remplacé les plans d'exposition aux risques (PER), les plans de surfaces submersibles (PSS), les périmètres de risque définis en application de l'article R111-3 du code de l'urbanisme et les plans de zones sensibles aux incendies (PZSIF) par un document unique : le plan de prévention des risques (PPR), plus efficace et plus simple.

Son objet est :

1. de délimiter les zones exposées à des risques, ou certaines non directement exposées,
2. d'y interdire les projets nouveaux, ou les autoriser sous réserve de prescriptions,
3. d'y définir, en les rendant obligatoires, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre pour l'aménagement et l'exploitation de l'existant.

Le guide d'élaboration des PPR inondation paru début 2000 a proposé des méthodes et des solutions efficaces aux services chargés d'instruire les dossiers de PPR.

Les crédits consacrés à la cartographie réglementaire des PER et PSS ont plus que triplé de 1994 à 1998 et continuent à croître régulièrement.

L'objectif national est, en effet, de doter d'ici 2005 les 10 000 communes les plus exposées à un risque naturel (y compris le risque inondation), d'une couverture réglementaire du risque.

Ont été mises en place dans le cadre de la prévention des réglementations plus efficaces pour mieux connaître les aléas et évaluer les risques grâce à la réalisation de Plans Particuliers des Risques d'Inondation (PPRI) qui existent dans chaque bassin versant.

La loi n° 2000-1208 qui modifie le Code de l'Urbanisme et prévoit l'élaboration par les collectivités (communes et départements)

- de schémas de cohérence territoriaux qui prennent en compte les contraintes découlant des risques naturels, dont les inondations ;
- de plans locaux d'urbanisme qui précisent ces contraintes.

Le décret interministériel 93-743 qui rend obligatoire l'obtention d'une autorisation de l'Etat pour réaliser des remblais dans le lit des rivières et oblige le demandeur à réaliser des mesures compensatoires pour maintenir les capacités d'écoulement de la rivière.

La circulaire ministérielle du 1^{er} octobre 2002 qui fixe les modalités des Plans de Prévention des Risques d'inondation.

La loi du 30 juillet 2003 qui prévoit la création de « servitudes d'utilité publique » pour créer des zones de rétention des eaux (polders, zones humides...), qui impose aux maires d'informer tous les deux ans la population des risques d'inondation et des mesures prises pour prévenir et protéger, qui impose aux maires d'installer des repères de niveaux atteints par les crues sur les édifices publics.

Le décret interministériel du 12 janvier 2005 qui réorganise tous les services d'annonce de crues, modernise les réseaux hydro-météorologiques et les procédures d'alerte et met en place un objectif de prévision des inondations.

3.1.3 Allemagne

En Allemagne, les Länder fédéraux sont compétents pour les tâches du ressort de la gestion des eaux et de la protection contre les inondations et pour l'exécution de ces tâches.

A cet effet, la Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (*Comité de travail commun des Länder sur l'eau*) a publié en 2004 des informations pratiques sous le titre « Instruments et recommandations d'actions de mise en œuvre des lignes directrices pour une protection des inondations tournée vers l'avenir ».

La stratégie globale de protection contre les inondations appliquée par les Länder allemands se fonde sur ces « Lignes directrices pour une protection des inondations tournée vers l'avenir », formulées par la LAWA en 1995; elle vise les objectifs suivants :

- *éviter de construire dans les zones inondables le long des cours d'eau ;*
- *réduire les crues en renforçant la rétention naturelle des eaux ;*
- *protéger les zones d'implantation menacées par les inondations à l'aide de digues et de murs et abaisser les niveaux de crue par le biais de bassins de rétention et de mesures de génie hydraulique ;*
- *Apprendre à vivre avec le risque d'inondation.*

Les stratégies et plans des Länder allemands riverains du Rhin ont été reliés au sein du Plan d'action contre les inondations.

Tirant les enseignements des deux crues extrêmes survenues sur le Rhin et réagissant à la crue de l'Elbe de 2002, le Gouvernement fédéral a convenu en septembre de la même année de mettre en place un programme d'étapes concrètes ancrées sur 5 points visant à

améliorer la prévention des crues, comme par ex. la création d'espace supplémentaire pour les fleuves et l'orientation du développement urbain.

La Loi relative à l'amélioration de la prévention des crues est entrée en vigueur le 10 mai 2005. Cette loi définit à l'échelle fédérale des dispositions logiques de prévention des crues. Il est ainsi interdit de faire augmenter les dommages potentiels, en particulier en implantant de nouvelles constructions dans les zones inondables. La conscience du risque d'inondation doit être renforcée auprès de la population et des décideurs en matière de planification, entre autres grâce à une participation et information précoce de ces acteurs. La loi porte révision de plusieurs dispositions fédérales (loi sur le régime des eaux, code de l'urbanisme, loi sur l'aménagement du territoire, loi sur les voies navigables fédérales et loi sur les services météorologiques allemands). Elle se compose pour l'essentiel des réglementations suivantes :

- Toute personne est tenue, dans la mesure du possible, de se prévenir des dommages dus aux inondations. Ceci suppose que le public soit suffisamment informé des risques d'inondation auxquels il est exposé. A ce sujet, la loi comporte plusieurs dispositions :
- Conformément aux méthodes déjà appliquées dans le bassin du Rhin, les Länder sont tenus de fixer des zones inondables. La fixation des zones doit se fonder sur une crue au moins centennale. L'opinion publique doit être informée de ces décisions et y être associée pour avoir connaissance en temps requis des risques d'inondation en présence.
- Il est décrété pour la première fois à l'échelle fédérale une interdiction fondamentale de planification de nouvelles zones constructibles dans les zones inondables. Cette interdiction doit empêcher la création de nouveaux dommages potentiels sous forme de constructions.
- A l'avenir, des zones exposées au risque d'inondation sont à identifier et à cartographier pour sensibiliser les populations concernées et les communes responsables des plans d'occupation des sols.
- Là où ils ne l'ont pas encore fait, les Länder doivent mettre en place en l'espace de quatre ans des plans visant à ajuster leur politique de protection contre les inondations le long des fleuves.
- A l'avenir, les zones inondables et les zones exposées au risque d'inondation devront être intégrées ou signalées dans les plans d'aménagement du territoire, les plans d'occupation des sols et les plans d'urbanisme afin que les autorités locales de planification et les personnes souhaitant construire soient informées en temps requis des risques d'inondation.

Les réglementations de prévention des crues ont été renforcées dans les législations des eaux des Länder fédéraux du bassin du Rhin, parfois avant même l'entrée en vigueur de la loi fédérale. La législation de l'eau de tous les Länder allemands est actuellement réajustée à la législation fédérale.

En outre, avant même l'adoption de la législation cadre fédérale, certains Länder disposaient déjà de bases et de dispositions contractuelles compatibles avec les objectifs de cette législation cadre, voire même les dépassant. On renverra par exemple à ce propos aux descriptions plus détaillées du chapitre 4.1.2 sur les accords contractuels concernant des mesures spécifiques sur le Rhin supérieur franco-allemand.

3.1.4 Pays-Bas

La loi de protection contre les inondations est entrée en vigueur en 1996. Cette loi règle tout particulièrement le dimensionnement des installations de protection contre les inondations dites « primaires » (généralement les digues). Ces installations protègent les biens et les personnes le long des grands fleuves, de l'IJsselmeer et du Markermeer. Les dispositifs de protection contre les inondations sont contrôlés tous les cinq ans. En 2003, les résultats du premier contrôle réalisé au niveau national sur l'état 2001 ont été présentés. Le prochain contrôle aura lieu en 2006.

La directive politique « Espace pour les fleuves » a été adoptée aux Pays-Bas à la suite des crues de 1993 et 1995. Cette directive, qui est en vigueur depuis 1996, restreint les nouvelles activités dans le profil d'écoulement des grands fleuves. Elle a pour but de donner au fleuve plus d'espace, de protéger durablement les personnes et les animaux contre les inondations et de réduire les dommages matériels. Les activités en relation avec le fleuve sont autorisées sous certaines conditions. Des prescriptions strictes s'imposent à toutes autres activités. Sous l'angle de l'aménagement régional du territoire, cette directive a un caractère restrictif. A la demande de la deuxième chambre du parlement, il a été procédé en 2005 à une évaluation de ce programme. La directive a ensuite été adaptée sur la base de cette évaluation à la mi-2006. Avant que n'ait eu été effectuée cette adaptation, quelques projets se sont vus attribuer un « statut expérimental ». L'objectif est ici de rassembler dans l'intervalle des expériences pratiques dans le cadre d'une directive à caractère plus souple.

La Commission pour la gestion des eaux au 21^{ème} siècle a constaté en l'an 2000 que le réseau hydrographique néerlandais n'offrait pas le niveau de sécurité contre les inondations requis. Sans mesures de correction, la sécurité baisse progressivement sous l'effet des changements climatiques et de l'affaissement des sols. Dans le même temps, le nombre des habitants à protéger et les intérêts économiques augmentent. Pour réagir à cette situation, le Gouvernement néerlandais a publié en décembre 2000 une note visant à adopter un nouveau comportement vis-à-vis de l'eau. Trois objectifs sont poursuivis :

1. *Mettre en oeuvre durablement des mesures devant assurer un écoulement sans risque dans les zones protégées des débits théoriques plus élevés déterminés en 2001 pour le Rhin et de la Meuse. Dans ce contexte, le programme « Espace pour le fleuve » va être mis en oeuvre pour les bras du Rhin, une fois que la procédure correspondante d'autorisation aura été menée à bien. Avant même l'achèvement de cette procédure, des projets appelés « No regret » vont être réalisés.*
2. *Prendre en compte les changements climatiques en analysant dès à présent les besoins en surface nécessaires à long terme et en préservant ces surfaces afin d'assurer à l'avenir l'écoulement sans risque sur le territoire des Pays-Bas de débits plus élevés. Il a été décidé dans ce contexte de réaliser une étude sur les évolutions attendues à l'avenir sur le Rhin et la Meuse.*
3. *Se préparer à faire face à une crue extrême susceptible de se produire malgré toutes les mesures préventives prises. En effet, une sécurité absolue ne pourra jamais être atteinte.*

En 2001, les débits théoriques du Rhin et de la Meuse ont été à nouveau fixés dans le cadre de la loi sur les dispositifs de protection contre les inondations. Du fait de la prise en compte des crues de 1993 et de 1995, ce débit théorique est passé de 15.000 m³/s à 16.000 m³/s pour le Rhin. Une augmentation de ce débit théorique sera prise en compte à long terme pour intégrer les changements climatiques attendus. Ces actions se fondent sur une étude élaborée en coopération avec le Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie sur les débits maximaux envisageables à hauteur de Lobith.

La procédure de déclaration d'utilité publique « Espace pour le fleuve » (PKB) a été engagée avec une série de tâches à exécuter à court et à long terme. Deux objectifs sont poursuivis:

1. Des mesures sont à prendre afin qu'un débit du Rhin de l'ordre de 16.000 m³/s puisse être évacué sans risque vers la mer au plus tard d'ici 2015 et
2. Il convient, à tout endroit possible, de redonner au fleuve l'espace requis. Le niveau d'eau ne doit pas augmenter quand le débit théorique passe de 15.000 à 16.000 m³/s. Pour donner au fleuve plus d'espace, des mesures sont à prendre pour décaisser le lit majeur, mettre en place des bras secondaires, lever des obstacles à l'écoulement, mettre en retrait des digues et créer des rivières artificielles dans les zones endiguées.

La notice de lancement de cette procédure de déclaration d'utilité publique a été établie en 2002. Le cabinet a approuvé fin 2005 un ensemble de mesures à mettre en œuvre à court terme (pour un budget de 2,1 milliards d'euros) et a désigné à plus long terme un certain nombre de zones à réserver en termes d'occupation des sols. Après adoption vers la mi-2006 de cet ensemble de mesures par la 1^{ère} et la 2^{ème} chambres, il est prévu de préciser les mesures au travers d'études plus approfondies et, dans un deuxième temps, de les appliquer.

Depuis le 1^{er} novembre 2003, le test « Eau » a valeur de contrainte juridique entre autres dans la mise au point de plans d'aménagement régionaux et de projets d'infrastructure et d'occupation des sols à l'échelle régionale et communale. L'amendement de l'ancien décret d'aménagement du territoire en vigueur (Besluit op de Ruimtelijke Ordening) prévoit notamment un paragraphe obligatoire sur les questions d'eau dans les notes explicatives des plans et décisions d'aménagement du territoire susnommés et une extension des concertations préliminaires. Le test « Eau » donne à l'eau une place dans les procédures sur les plans et décisions d'aménagement du territoire et se réfère à toutes les eaux souterraines et superficielles, eaux salées et eaux douces du domaine public comprises.

3.2 Mesures de planification telles que désignation de zones inondables, mesures préventives en matière de construction, mesures de lutte contre les risques majeurs etc.

Les cartes de l'aléa d'inondation sont une base importante et un outil approprié pour présenter et communiquer les informations sur les aléas d'inondation en présence. Elles comportent des informations sur l'étendue et la profondeur d'inondation en cas de crues de différentes récurrences.

En outre, l'affichage de crues extrêmes historiques met en évidence les aléas auxquels sont exposées d'autres surfaces fortement exploitées – également derrière les ouvrages de protection. Enfin, elles constituent pour les experts des municipalités de même que pour les populations exposées au risque d'inondation un document de base fiable leur permettant d'estimer l'aléa d'inondation.

Les cartes de l'aléa d'inondation sont un volet central de la stratégie de protection contre les inondations. Dès 2002, la CIPR a publié « l'atlas de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crue extrême sur le Rhin »⁶ qui présente la situation sur le cours principal du Rhin entre l'écoulement du lac de Constance et le débouché dans la mer du Nord.

Par ailleurs, les Commissions Internationales pour la Protection de la Moselle et de la Sarre ont élaboré un plan d'action international pour le sous-bassin de la Moselle et de la Sarre démarrant en 1998.

Un plan d'action transfrontalier pour le bassin Blies/Schwarzach/Hornbach est en cours d'élaboration dans le cadre d'un projet commun auquel participent des services français, rhénans-palatins et sarrois.

Le programme germano-néerlandais INTERREG III b NOAH porte sur les informations relatives aux crues importantes pour les services de lutte contre les risques majeurs et est destiné aux organisations régionales/locales. Il a pour objectif de mettre en place un système d'informations et d'avertissement en cas de crue FLIWAS (= Flood Information & Warning System⁷).

⁶ cf. www.iksr.org

⁷ cf. www.noah-interreg.net

3.2.1 Suisse

Cartes des aléas

Fin 2005, environ 400 communes suisses disposaient de cartes des aléas. Dans 167 communes, les cartes des aléas ont déjà été intégrées à l'aménagement du territoire. Dans le domaine des inondations, environ 30% des surfaces sont cartographiées. La cartographie des aléas doit être achevée d'ici 2011. Les crues de mai 1999, octobre 2000 et août 2005 ont montré au grand public et aux responsables politiques combien il était nécessaire de réaliser et de publier des cartes des aléas.

La mise au point des cartes des aléas est subventionnée à raison de 70% par la fédération. Les dépenses engagées jusqu'à présent pour la cartographie des aléas sont de l'ordre de 65 millions de francs suisses (= 41 millions d'euros). La répartition sur le territoire suisse et la mise en œuvre dans le cadre de l'aménagement du territoire sont présentées dans la figure 1.

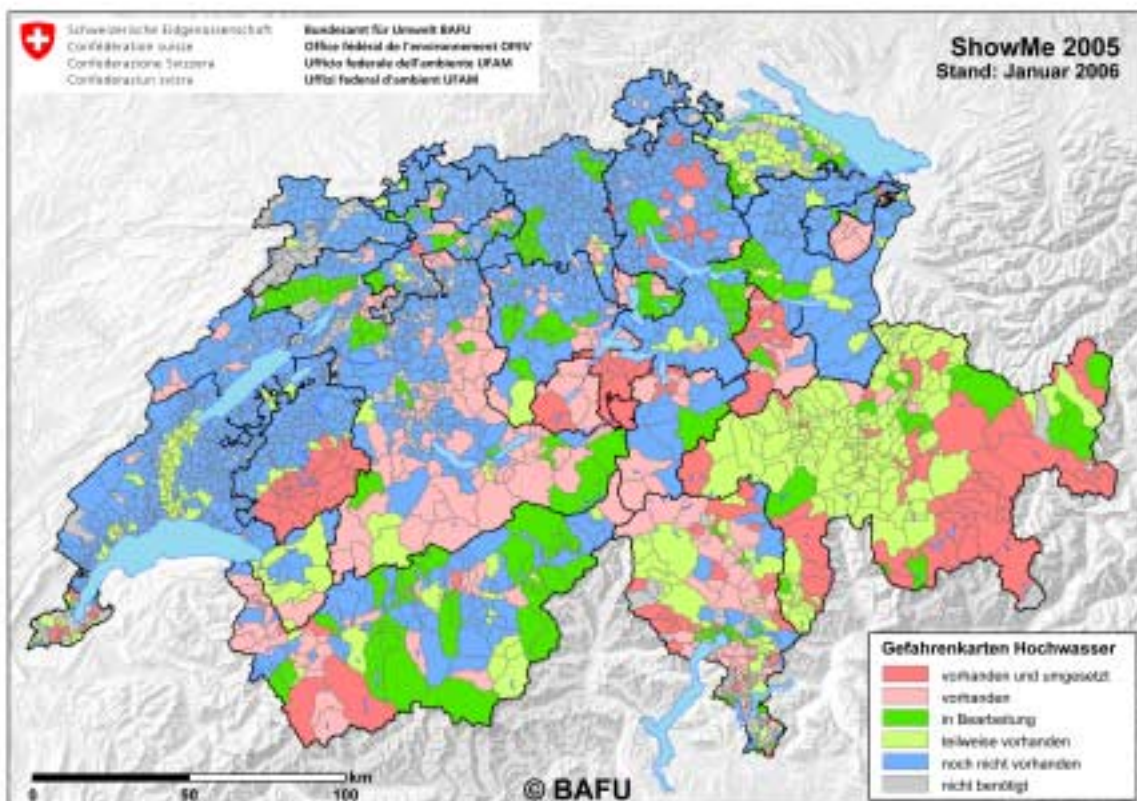


Fig.1 Etat d'avancement de la cartographie des aléas en Suisse.

On constate que la cartographie des aléas est beaucoup plus avancée dans les zones montagneuses que dans les plaines centrales. Ceci vient de la plus grande prise de conscience du danger et de l'aléa plus important en montagne.

Mesures préventives en matière de construction

La protection des immeubles est une mesure individuelle et donc difficile à recenser. Les expériences faites dans le canton de Nidwalden montrent que les maîtres d'ouvrage privés se sont renseignés pour mieux protéger leurs constructions après la publication des cartes des aléas. A la suite des inondations d'août 2005, différents exemples positifs de protection d'immeubles montrent que les particuliers agissent lorsqu'ils connaissent le risque et en ont conscience. L'analyse détaillée de cette crue doit permettre de recenser non seulement les dommages survenus, mais également ceux qui ont pu être évités, ceci pour être en mesure de mieux évaluer l'efficacité des mesures prises. L'assurance immobilière du canton de St-Gall publié une directive sur la protection des immeubles en

cas de phénomènes naturels gravitaires. En raison de son grand succès et de la demande dont elle a fait l'objet, cette directive a été reprise par d'autres assurances immobilières. Les règlements communaux en matière de construction tiennent de plus en plus souvent compte des aléas en présence en fixant par exemple la hauteur jusqu'à laquelle un bâtiment doit être étanche. Les dispositions du code ou du règlement de construction ne concernent toutefois que les nouvelles constructions ou les travaux de grande ampleur. Pour cette raison, les compagnies d'assurance tendent de plus en plus à exiger que soient prises des mesures acceptables à la suite de sinistres. Pour renforcer ces incitations, les compagnies d'assurance dans 3 cantons ont décidé d'aider financièrement les particuliers prenant des mesures préventives de protection des immeubles. On constate que la protection des immeubles existants ne peut être améliorée qu'en coopération étroite avec les compagnies d'assurance et que le système des assurances cantonales de droit public est très utile dans le cadre de la réalisation des mesures. En tous les cas, la réalisation des mesures de protection des immeubles prendra beaucoup de temps étant donné que ces mesures ne peuvent être exigées qu'en cas de renouvellement du bâti (nouvelles constructions, renouvellements et sinistres).

Mesures d'urgence, mesures de lutte contre les risques majeurs

Les expériences acquises en 1999 dans le cadre des dommages de grande ampleur causés par des avalanches, des crues et des tempêtes ont montré que l'amélioration de l'avertissement et de l'alerte permettait de sauver des vies humaines et que l'intervention précoce des services de lutte réduisait les dommages. Les services techniques (Météo-Suisse et « Landeshydrologie ») ont amélioré leurs prévisions et les ont rendues accessibles. Les services de secours locaux ont effectué différents exercices avec la Centrale Nationale d'Alarme (CNA) et les services techniques susmentionnés, ce qui a permis d'améliorer sensiblement la communication au sein des services de lutte responsables, comme le montre une première analyse des crues d'août 2005. Le matériel requis pour les interventions d'urgence en cas d'inondation est acheté en plus grandes quantités, le plus souvent de manière centralisée pour différentes interventions au sein du canton. Un guide sur l'achat d'éléments mobiles de protection appropriés a été élaboré en coopération avec les assurances. Selon les informations de différents fabricants, les éléments mobiles de protection destinés aux bâtiments individuels sont vendus le plus souvent après un sinistre.

3.2.2 France

En Alsace, Rhin et affluents confondus, 461 communes sont soumises à l'aléa d'inondation, et, potentiellement au risque d'inondation, réparties de la manière suivante : 263 dans le Bas-Rhin et 168 dans le Haut-Rhin.

Les mesures sont différenciées selon la zone inondable concernée : certaines zones inondables correspondent en effet à des champs d'expansion de crues sur des espaces naturels ou des terres agricoles : c'est le cas des rieds en Alsace. Dans d'autres cas, la zone inondable recouvre des zones urbanisées ou des zones industrielles.

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.

3.2.3 Allemagne

La loi sur l'amélioration de la prévention des crues de mai 2005 définit quelques points essentiels. Avant que cette loi ne soit promulguée, certains Länder allemands avaient déjà pris des mesures importantes pour ancrer la prévention des crues dans leur politique de planification.

Les Länder fédéraux dans le bassin du Rhin ont dépensé depuis 1995 plus de 58 millions d'euros pour accomplir les mesures de prévention des crues décrites plus bas.

Préserver les zones réservées et les zones prioritaires pour la protection contre les inondations dans le cadre de l'aménagement du territoire

Dans le cadre de l'aménagement du territoire, les champs d'inondation des cours d'eau peuvent être désignés comme

- zones prioritaires (la protection contre les inondations est prioritaire par rapport aux autres usages) ou comme
- zones réservées (il convient alors de tenir particulièrement compte de la protection contre les intérêts par rapport aux usages concurrents à considérer).
- Les plans communaux (schémas directeurs) doivent être ajustés aux objectifs de l'aménagement du territoire.

Les Länder dans le bassin du Rhin désignent actuellement des zones prioritaires et réservées pour la protection contre les inondations (ou avec le même effet : zones inondables et zones exposées au risque d'inondation) dans les programmes de développement des Länder et les plans régionaux ainsi que dans les plans régionaux d'aménagement du territoire actualisés.

Définir des zones inondables

Pour préserver durablement la fonction des champs d'inondation naturels existants encore aujourd'hui pour la rétention des crues, ces zones sont désignées aux termes du droit des eaux, le plus souvent par décret d'application de la loi. Par le passé, la délimitation d'une zone inondable se basait sur une crue centennale. Depuis l'entrée en vigueur de la loi fédérale sur la protection contre les inondations (cf. 3.1) en 2005, les désignations doivent se fonder sur des crues au moins centennale. Les zones inondables sont soumises à des restrictions d'usage, par ex. dans le cadre des substances dangereuses pour les eaux et des installations de chauffage. Toute nouvelle zone construite et projet de construction sont interdits.

Au cours des années passées, les Länder fédéraux dans le bassin du Rhin ont fait de gros efforts pour désigner des zones inondables. Sur plus de 80 % des tronçons fluviaux considérés, les zones inondables ont été fixées juridiquement par le biais de décrets d'application ou provisoirement par le biais de cartes de travail.

Cartes de l'aléa d'inondation

Parallèlement aux tronçons du Rhin couverts par l'atlas du Rhin publié par la CIPR en 2001, le Bade-Wurtemberg met systématiquement au point d'ici 2010 des cartes de l'aléa d'inondation dans le cadre d'un projet commun du Land et des communes. Pour le bassin versant du Neckar, les cartes de l'aléa d'inondation sont élaborées dans le cadre du projet INTERREG-III « SAFER ». Elles sont réalisées sur tous les tronçons fluviaux dont le bassin versant dépasse 10 km². Il est également possible en cas de besoin d'y intégrer des localités exposées au risque d'inondation sur des cours d'eau dont le bassin est inférieur à 10 km². Les premières cartes de l'aléa d'inondation pour le cours aval du Neckar ont été publiées en 2005. Le guide « Cartes de l'aléa d'inondation au Bade-Wurtemberg » s'adresse à tous les acteurs et montre comment mettre en pratique la prévention des crues dans les zones exposées au risque.

En Hesse, on dispose de cartes de l'aléa d'inondation sur env. 205 des quelque 230 cours d'eau prévus dans le bassin du Rhin. Pour le Rhin et le Main hessois, les cartes peuvent être consultées sur Internet. Die Ins – Netz - Stellung der übrigen Karten ist in Vorbereitung.

Les cartes de l'aléa d'inondation pour la Moselle et quelques affluents en Rhénanie-Palatinat figurent dans le « Gefahrenatlas Mosel » (*Atlas de l'aléa Moselle*). Selon ce

modèle, il est prévu d'élaborer d'ici 2008 des cartes de l'aléa d'inondation pour toutes les rivières de Rhénanie-Palatinat exposées au risque d'inondation (env. 2.000 km) dans le cadre du projet international soutenu par l'UE « TIMIS » (Transnational Internet Map Information System).

En Rhénanie-du-Nord-Westphalie, des cartes de l'aléa d'inondation sont mises au point depuis début 2003 sur tous les cours d'eau dont le bassin est supérieur à 10 km². Un guide publié en 2003 et rassemblant les conditions minimales à respecter constitue le fondement uniforme de ces travaux. Des cartes de l'aléa d'inondation sont actuellement élaborées pour 50 tronçons fluviaux.

Plans d'action contre les inondations pour les sous-bassins

Eu égard à son objectif de mieux protéger les populations et les biens face aux inondations, le « Plan d'action contre les inondations Rhin » se réfère au Rhin et à son champ d'inondation potentiel (ancien lit majeur alluvial). Des plans d'actions similaires ont été élaborés en complément pour quelques affluents importants dans le bassin du Rhin :

- Concept Intégré pour le bassin du Neckar (IKoNE), Bade-Wurtemberg 1999
- Plan d'action contre les inondations pour la partie bavaroise du bassin du Main (2006)
- Plan d'action contre les inondations dans le bassin de la Nahe (Rhénanie-Palatinat, 2001) élaboré par la « Kommunale Arbeitsgemeinschaft Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Nahe ».
- Mise au point de plans d'action contre les inondations pour 25 cours d'eau exposés au risque d'inondation en Rhénanie-du-Nord-Westphalie sur la base des « Recommandations d'établissement de plans d'action contre les inondations » publiées en l'an 2000 ; 16 de ces plans sont achevés, 9 suivront en 2006. Le plan d'action contre les inondations de la Sieg a été élaboré en commun avec la Rhénanie-Palatinat.

Les dommages potentiels s'élèvent au total à env. 1 milliard d'euros ; les mesures économiques de réduction des dommages sont estimées à env. 300 millions d'euros. Dans de nombreux cas, la gestion préventive des inondations est plus importante et plus efficace que les dispositifs techniques de protection contre les inondations.

Lutte contre les risques majeurs

Les inondations désastreuses, notamment celles que provoquent les crues extrêmes sur le Rhin, sont, de toutes les catastrophes naturelles envisageables, celles jugées prioritaires en raison de leur étendue et de leurs conséquences. L'organisation et les mesures à prendre tout d'abord pour éviter le sinistre puis, en cas de sinistre, réduire le plus possible les dommages, sont réglementées en Allemagne. La coordination des différents services et des équipes d'intervention (dans la mesure où ceci est possible dans le cadre d'exercices), la mise à disposition et le fonctionnement des équipements techniques et autres sont contrôlés régulièrement dans le cadre d'exercices au niveau communal, du cercle et à plus haut niveau.

Les dispositifs techniques de protection contre les inondations (par ex. les digues, les portes de fermeture, les stations de pompage) sont régulièrement vérifiés, entretenus et réparés en cas de besoin. Les Länder fédéraux gèrent des centres d'exploitation pour leurs installations et centralisent les moyens de lutte contre les inondations afin qu'ils puissent être opérationnels et acheminés rapidement sur les lieux d'intervention en cas de besoin.

Les deux derniers exercices portant sur le Rhin en Hesse ont eu lieu en 2001 et 2003. Ils ont associé à chaque fois plusieurs cercles. En 2001, le Land de Bade-Wurtemberg y a également participé avec le Regierungspräsidium de Karlsruhe et la Ville de Mannheim.

La Rhénanie-Palatinat s'est engagée dans une nouvelle voie de coopération entre services civils et militaires avec l'exercice « FLORIAN 2003/2004 ». Le scénario prévoyait une crue extrême sur le Rhin supérieur avec dépassement des débits théoriques et défaillance des digues accompagnés de crues extrêmes sur le Rhin moyen septentrional et sur la Moselle.

L'exercice s'est déroulé en priorité dans le cercle de Germersheim et les villes de Coblenche et Trêves. Il s'est avéré que la coopération intense de tous les acteurs dans le cadre d'un réseau 'Aide en cas de sinistre' jouait un rôle décisif dans la maîtrise d'un sinistre de telle envergure.

Les principaux objectifs des exercices étaient les suivants :

- Améliorer la capacité de maîtrise d'une crue extrême
- Appliquer et améliorer la méthode de coopération entre les services civils et militaires
- Tester la coordination de la lutte contre les risques majeurs au niveau suprarégional
- Tester la lutte contre les accidents majeurs à l'aide des forces militaires
- Tester l'action commune de l'armée, des organisations humanitaires et des services du Land
- Tester l'assistance en cas de défaillance et de surcharge des réseaux civils de télécommunications
- Tester par modèle la coopération entre services militaires et services civils au niveau des districts et des cercles
- Perfectionner les plans d'alerte et d'intervention 'Inondations' pour les crues extrêmes.

3.2.4 Pays-Bas

Aux Pays-Bas, presque toutes les surfaces sont exposées au risque d'inondation. La directive politique déjà mentionnée « Espace pour le fleuve » doit empêcher le rétrécissement du lit fluvial.

On dispose de cartes d'inondation et des risques pour le lit majeur. Dans le cadre de certaines études, par ex. « Veiligheid Nederland in Kaart (sécurité des Pays-Bas sous forme de cartes) », ces informations existent également pour les autres zones. Le projet « Veiligheid van Nederland in Kaart » (VNK) a démarré en 2001. Ce projet recense les opportunités et les conséquences d'une inondation à l'aide d'une estimation des risques. Le projet a été réalisé en coopération avec le ministère des Transports et de la Gestion des Eaux, les provinces et les administrations chargées des eaux. L'étude a pris fin en 2005. Le projet VNK donne une idée des maillons faibles dans la chaîne des mesures de sécurité contre les inondations.

Le 5^{ème} rapport sur l'aménagement du territoire (Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening) a été publié en 2004. Il fait mention de deux zones situées entre Nimègue et la frontière germano-néerlandaise – les Rijnstrangen (anciens bras du Rhin ; 150 millions de m³ au plus) comme espaces de rétention pour le Rhin. Dans le cadre de la procédure de déclaration d'utilité publique « Espace pour le fleuve », il convient d'indiquer quels sont les espaces réservés nécessaires en termes de planification. Il est établi en outre une prévision à long terme (2100) afin de déterminer également les espaces à réserver en termes de planification afin de pouvoir évacuer des débits croissants à long terme. La procédure de déclaration d'utilité publique décrite ci-dessus « Espace pour le fleuve » est conçue de manière à ce que l'état des bras du Rhin corresponde toujours aux dispositions réglementaires. Etant donné qu'il subsiste toujours un risque même après la réalisation de ces mesures, on a réalisé une étude visant à réduire les risques et les dommages. L'étude a porté sur des mesures comme les espaces de décharge d'urgence,

le compartimentage, la hausse du niveau de protection, la concertation internationale et l'amélioration de l'organisation des services de lutte contre les risques majeurs (information, évacuation). Sur la base des études réalisées, le cabinet a pris fin 2005 les mesures suivantes : Pas d'espaces de décharge de secours pour le Rhin, analyse plus détaillée des digues en vue d'un compartimentage, poursuite de la concertation internationale (CIPR, Rhénanie-du-Nord-Westphalie), prise de mesures visant à améliorer l'organisation de la lutte contre les risques majeurs.

3.3 Mesures techniques de protection contre les inondations

Le haut Rhin s'écoule dans un lit encaissé. Entre Bâle et Iffezheim, les digues des hautes eaux assurent une protection contre les crues d'une récurrence au moins millénaire. En aval d'Iffezheim, les digues des hautes eaux protègent les zones de crues centennales. Cette protection s'appliquera à long terme à des crues bicentennales lorsque toutes les mesures de rétention prévues dans le cadre de la convention franco-allemande de 1982 auront été mises en œuvre. Dans la vallée étroite du Rhin moyen, on ne trouve que des installations locales de protection contre les inondations. Sur le Rhin inférieur, à l'exception du segment compris entre Bonn et Cologne, les zones sont protégées contre des crues d'une récurrence d'environ 200 ans et dans le delta contre des crues d'une récurrence d'environ 1250 ans.

La capacité de la protection actuelle contre les inondations assurée par les digues sur le cours principal du Rhin est indiquée par le débit théorique mentionné dans la figure « Réduction des niveaux de crues » au chapitre 4.3 (voir annexes).

3.3.1 Suisse

Au niveau de la prise de conscience de la population au moins, les mesures techniques de protection contre les inondations constituent toujours l'épine dorsale des mesures de protection. C'est notamment le cas pour les crues extrêmes, étant donné que les forces émanant de l'eau qui s'écoule dépassent souvent les moyens dont disposent les particuliers pour se protéger. Par ailleurs, il existe un plafond, à savoir le débit théorique, pour les mesures techniques de génie hydraulique. Si celui-ci est dépassé, l'effet de protection cesse ou baisse sensiblement.



L'exemple de l'Engelberger Aa en août 2005 a montré que le comportement des dispositifs de protection en cas de surcharge devait être vérifié. Selon les premières estimations, le débit était de 230 m³/s, la capacité d'écoulement à hauteur de la localité de Buochs s'élevait cependant seulement à env. 150 m³/s. Il a été procédé à une décharge d'urgence en amont de la localité pour évacuer les masses d'eau excédentaires vers un corridor aux usages moins vulnérables (aérodrome, terrains de sport) (fig. 2). Cette décharge prévue a évité un dommage d'environ 100 millions de francs suisses (= 66 millions d'euros) pour des dépenses de 26 millions de francs suisses (= 17,3 millions d'euros) pour la protection contre les inondations.

Fig. 2 : Espace de décharge en cas de crue extrême sur l'Engelberger Aa. Le corridor d'écoulement pour le déversement de l'espace de décharge est indiqué en bleu dans la carte de l'aléa. La photo fait état de la situation le 23 août 2005.

L'exemple de l'Engelberger Aa dans la figure 2 est particulièrement remarquable car la solution a été trouvée avant et non après une crue extrême ; en effet, le débit n'a jamais dépassé les 130 m³/s entre 1911 et 2004. En 1910 uniquement, le débit a atteint près de 200 m³/s. Cet exemple confirme les principes selon lesquels la capacité d'écoulement doit être dimensionnée pour une crue « normale », dans le cas présent HQ50-HQ100, mais que dispositions doivent être prises pour faire face à des crues nettement plus importantes. Les espaces de décharge de secours étant en cours de discussion dans différents Etats, on a ici un exemple montrant que de tels espaces peuvent être réalisés avec un important travail de persuasion.

Les moyens financiers fédéraux dépensés entre 1995 et 2005 pour des projets de protection contre les inondations, de renaturation et des projets combinés s'élèvent à environ 640 millions de francs suisses (= 405 millions d'euros) pour la Suisse dans son ensemble. Pour le bassin du Rhin, les sommes investies entre 1995 et 2005 par la confédération, les cantons et les communes s'élèvent à environ 880 millions de francs suisses (= 556 millions d'euros) pour des mesures essentiellement techniques de protection contre les inondations et à environ 220 millions de francs suisses (= 139 millions d'euros) pour des mesures principalement écologiques.

3.3.2 France

Le territoire français est protégé par les digues des hautes eaux existantes contre les crues au moins millénales sur le tronçon concerné du Rhin supérieur entre Bâle et Iffezheim. Un tel niveau de protection dépasse la probabilité d'inondation centennale qui sert actuellement de référence en France. Le risque de dommage pour les personnes et les biens dû à une crue du Rhin semble donc faible. Pour cette raison, les autorités françaises n'ont pas établi de plan d'occupation des sols en relation avec le risque de crue pour les zones situées derrière les digues.

La France et l'Allemagne ont élaboré en commun le projet de construction d'une digue sur le tronçon de Lauterbourg. Cette digue protégera probablement à partir de 2007 une entreprise chimique importante classée SEVESO II des crues du Rhin.

3.3.3 Allemagne

Consolidation des digues du Rhin

La hauteur des digues sur le Rhin supérieur a fait l'objet d'accords contractuels entre les Etats riverains du Rhin et les Länder fédéraux allemands.

La consolidation des digues du Rhin, qui datent en partie de plus de 100 ans, s'est poursuivie. En 1995, il restait encore env. 660 km de digues à consolider. Depuis, env. 270 km ont été renforcés. Les dépenses engagées se sont élevées depuis à environ 470 millions d'euros. Le financement fait appel à des fonds de la fédération et des Länder.

Mesures locales de protection contre les inondations sur le Rhin

Les mesures locales de protection contre les inondations protègent les agglomérations rhénanes où des systèmes de digues continus ne sont pas possibles. C'est en particulier le cas sur le Rhin moyen. Les mesures de protection ne doivent pas avoir d'impact négatif sur les riverains d'aval et d'amont. Des installations de protection contre les crues sur le Rhin ont été réalisées depuis 1995 à Spay, dans la vieille ville de Braubach, à Coblenche-Ehrenbreitstein, Andernach, Bingen et Rüdesheim-Assmanshausen pour un coût total de 24 millions d'euros.

La ville de Cologne a fait l'acquisition de 10 kilomètres de dispositifs mobiles de protection contre les inondations depuis 1996. Les coûts de construction de ces mesures de protection s'élèvent à un total de 400 millions d'euros.

Mesures locales de protection contre les inondations dans le bassin du Rhin

Plus de 300 mesures locales de protection contre les inondations correspondant à un coût total de plus de 330 millions d'euros ont été réalisées entre 1995 et 2005 dans le bassin

du Rhin, et notamment sur les affluents du Rhin tels que le Neckar, le Main, la Nahe, la Lahn et la Moselle. Les mesures prises sur la Moselle et la Sarre sont décrites dans le rapport 2005 des Commissions Internationales pour la Protection de la Moselle et de la Sarre (CIPMS).

Citons ici quelques projets à titre d'exemple :

Bad Friedrichshall-Kochendorf située au débouché de la Kocher dans le Neckar est exposée aux crues de plusieurs fleuves. En 1998/1999, on a mis sur pied un vaste concept de protection contre les inondations qui comprend également une paroi mobile d'une hauteur de 3,8 à 4,5 m. Cette paroi est installée en trois heures et a déjà fait ses preuves à plusieurs reprises.

Un système de protection combiné composé de murs de protection fixes et d'éléments mobiles a été réalisé sur une longueur d'environ 1100 m pour protéger environ 150 propriétés dans la ville de Wörth am Rhein d'une crue centennale. Le mur historique de la ville a dans certains cas été remplacé par ce nouveau mur de protection ; dans d'autres, la nouvelle paroi a été placée devant ou derrière le vieux mur et, en fonction de la situation urbanistique et des dispositions de la protection des monuments, revêtu de grès ou de béton apparent structuré.

Dans la ville moyenâgeuse de Miltenberg sur le Main, on a décidé de construire un système de protection combiné. Un mur de béton armé revêtu de grès constitue la protection de base fixe jusqu'à une crue avec une récurrence de 25 ans. En phase de crue ascendante, les passages sont fermés par des batardeaux. Un système mobile de batardeaux, installé sur le système de base fixe, assure une protection jusqu'à un débit de 2400 m³/s dans le Main.

En Hesse, des mesures locales de protection contre les inondations ont été réalisées sur une longueur d'env. 5,6 km jusqu'en 2004, notamment sur la Lahn et à hauteur du centre urbain de Friedberg sur l'Ussa.

Dans la ville thermale de Bad Kreuznach sur la Nahe (Rhénanie-Palatinat), les mesures de protection contre les inondations ont été complétées par des investissements en matière d'urbanisme, ce qui s'est traduit par une plus grande attractivité globale de la ville. Depuis 2004, Bad Kreuznach est protégée jusqu'à une crue présentant une récurrence de 50 ans. Des investissements de 22 millions d'euros permettent de prévenir des dommages liés aux inondations correspondant à 15 fois le montant des coûts de construction.

3.3.4 Pays-Bas

A la suite de la crue de 1995, les Pays-Bas ont élaboré le « Deltaplan Grote Rivieren » (plan delta pour les grands fleuves) dans le but de consolider les digues et d'ajuster le niveau de protection. Ce plan comprend la consolidation des digues fluviales jusqu'au niveau de protection prévu par la loi, c'est-à-dire pour le débit théorique en vigueur à cette date de 15.000 m³/s. Le programme a pris fin avec la consolidation d'environ 890 km de digues au total (en partie aussi sur la Meuse). Les coûts s'élèvent à un total d'environ 1,2 milliard d'euros.

Certaines de ces mesures ont été réalisées sous forme de reculs de digues et s'inscrivent ainsi dans le projet « Espace pour le fleuve ». Un certain nombre d'entre elles ont été mises en œuvre dans le cadre du programme IRMA.

Le barrage anti-crues de Rampspol (près de Kampen) est entré en service en 2002. Il s'agit d'un barrage permettant de retenir le débit entrant du Zwarte Meer en situation de crue. la zone en aval est ainsi protégée jusqu'à Zwolle contre les eaux provenant de l'IJsselmeer. Un des avantages de cet ouvrage anti-crues est qu'il n'impose pas

d'aménagements de grande ampleur sur les digues fluviales longeant le Zwarte Meer et la Vecht, de sorte que peuvent être préservées des biens écologiques et culturels importants.

En 1998, l'ouvrage de protection contre les inondations à segments coulissants est entré en service sur le Nieuwe Waterweg, la voie navigable reliant Rotterdam à la mer du Nord, pour préserver les terres contre les raz de marée. Cet ouvrage assure une protection contre des crues estimées ne se produire en moyenne qu'une fois tous les 10 000 ans.

3.4 Assurances contre le risque d'inondation

3.4.1 Suisse

Il existe dans 23 des 26 cantons une assurance immobilière obligatoire et dans 19 des assurances cantonales de droit public. Les sinistres dus aux incendies et aux catastrophes naturelles sont toujours assurés en commun ; les catastrophes naturelles couvrent tous les risques naturels – inondations, avalanches, tempête, grêle, glissements de terrains – sauf les tremblements de terre. Pour l'assurance des biens mobiliers, il n'existe pas de prescription réglementaire ; pourtant, on constate en pratique que ces biens sont systématiquement assurés, même s'il arrive fréquemment que la couverture soit insuffisante. Le système a notamment fait ses preuves lors de la crue d'août 2005. Le dommage total a été estimé à 3 milliards de francs suisses (= 1,85 milliards d'euros), dont 2,5 milliards de francs suisses (= 1,55 milliards d'euros) correspondent à des dommages privés et sont assurés en majeure partie. Les compagnies d'assurance ont été en mesure de couvrir ces dommages bien que le plafond prévu par la loi pour la prestation par événement ait été dépassé. L'avantage du système suisse réside d'une part dans des primes, qui sont basses du fait du niveau de couverture élevé, et d'autre part dans l'engagement des compagnies d'assurance à promouvoir la prévention. Les compagnies d'assurance peuvent faire un travail de sensibilisation important car elles connaissent bien la situation et les dommages. Elles possèdent les connaissances techniques pour mettre en avant les améliorations envisageables et entretiennent des contacts avec les clients lorsque les discussions portent sur les mesures nécessaires de remise en état.

3.4.2 France

En cas de crue de grande ampleur, l'assurance dommage prévoit en France l'indemnisation de tout propriétaire (personne physique ou morale autre que l'Etat) ayant souscrit une assurance pour ses biens meubles et immeubles, à condition que l'état de catastrophe naturelle soit constaté par arrêté interministériel sur proposition du préfet du département adressée au ministre de l'intérieur. Cette mesure est financée par une cotisation supplémentaire obligatoire au titre des catastrophes naturelles appliquée à tous les contrats « dommages ».

3.4.3 Allemagne

Les compagnies d'assurance privées proposent depuis 1991 une assurance contre les risques naturels qui comprend également les dommages liés aux inondations. Pour ce faire, les assurances ont mis au point un système de zonage (ZÜRS) pour un réseau fluvial de 55 000 km en coopération avec les administrations chargées de la gestion des eaux. Trois classes de danger (GK) ont été introduites sur la base de récurrences : Probabilité d'inondation une fois tous les 10 ans = GK 3, une fois tous les 10 à 50 ans = GK 2, moins d'une fois tous les 50 ans ou jamais = GK 1. Il existe une quatrième classe de danger (GK 4) pour les zones exposées au risque de rupture de digue, à une submersion de la digue ou à une crue extrême. Le critère d'application de cette classe de danger est une crue présentant une récurrence entre 50 et 200 ans. Le montant des primes est fonction du danger potentiel et relève de la compétence des compagnies affiliées ; une franchise relativement importante, dont le but est de renforcer

la responsabilité individuelle des citoyens, correspond aux objectifs formulés par la politique de gestion des eaux.

Pourtant, l'assurance volontaire est mal acceptée par les personnes potentiellement concernées. Le montant élevé des primes de même que l'estimation erronée de l'occurrence en sont les causes. Le système basé jusqu'à présent sur le volontariat fait que les bâtiments situés dans la zone GK 3 ne sont assurés que rarement ou contre paiement de primes très élevées ; les populations fortement exposées aux inondations sont généralement conscientes du risque et s'investissent dans la prévention individuelle, mais ne peuvent pas être assurées (dans la catégorie GK 4, l'assurance ne peut être conclue qu'après une analyse au cas par cas). C'est pourquoi il est toujours demandé d'introduire une assurance obligatoire contre les risques naturels englobant également les dommages liés aux inondations. Ce point est en cours d'examen.

3.4.4 Pays-Bas

Les entreprises tout comme les particuliers peuvent s'assurer depuis 2001 contre les dommages occasionnés aux biens immobiliers et mobiliers par des précipitations extrêmes. Il n'est pas possible de s'assurer contre les dommages provoqués par des ruptures de digues ou par la submersion d'installations primaires de protection contre les inondations. Si les risques ne sont pas assurables, l'Etat peut verser des indemnisations en cas de sinistres dans le cadre de la loi néerlandaise sur les aides en cas de sinistres et d'accidents majeurs.

3.5 Diminution quantitative des risques de dommages dus aux inondations

Un des objectifs du Plan d'action contre les inondations est de réduire les **risques de dommages** de 10% d'ici 2005 et de 25% d'ici 2020. La CIPR a mis au point une méthode d'identification de la réduction des risques de dommage, dans le but de vérifier si les objectifs définis à l'horizon 2005 étaient atteints.

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 biens menacés et de leur vulnérabilité (degré d'endommagement). 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.

La **probabilité** que survienne un sinistre dans des zones protégées contre les inondations est fonction du non fonctionnement ou de 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.

Les deux facteurs d'identification d'une réduction des risques de dommages sont la détermination de la **modification des dommages potentiels** depuis 1995 et la **modification des probabilités d'inondation** pour différents tronçons du Rhin résultant des mesures prises pour abaisser les niveaux de crue (voir chapitre 4.3). La vérification de l'objectif de 'réduction du risque de dommage' du Plan d'action contre les inondations, 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). Sur pratiquement tout le haut Rhin (de la sortie du lac de

Constance jusqu'à Bâle) et le Rhin moyen (de Bingen à Bad-Honnef près de Bonn), il n'existe pas de digues, à l'exception d'ouvrages locaux de protection communale ; les autres tronçons rhénans sont quasiment tous protégés par des digues.

La méthode de recensement appliquée dans le présent rapport se fonde sur une évaluation économique des dommages matériels. Les données sur les dommages potentiels indiquées dans l'atlas Rhin (2001) de la CIPR et les mesures présentées dans l'étude de faisabilité⁸ (préservation de surfaces, protection des bâtiments, substances dangereuses pour les eaux, information/préparation/avertissement ainsi que mesures d'urgence/lutte contre les risques majeurs/protection civile) sont à la base des travaux d'identification de la réduction des risques de dommages.

La méthode s'appuie sur des expertises, des expériences et des estimations dont les éléments fondamentaux sont repris du rapport de la CIPR⁹. Les résultats obtenus ont donc un caractère estimatif et se limitent à indiquer, pour chaque tronçon du Rhin, l'ordre de grandeur des modifications relatives. Les atteintes aux personnes n'ont pas été prises en compte. Toutes les mesures de protection technique contre les inondations (chap. 4.3) réalisées ont été intégrées dans les calculs des probabilités d'inondation modifiées. Il convient de poursuivre à l'avenir le développement de cette méthode d'estimation de la diminution des risques de dommages, et notamment de l'optimiser d'un point de vue quantitatif.

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 réellement 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 augmentent. Les mesures de prévention des crues doivent toutefois permettre de réduire leur vulnérabilité et d'abaisser ainsi les dommages potentiels ou pour le moins de freiner nettement leur croissance malgré l'augmentation des biens en présence.

Dommages potentiels

Les résultats des calculs font ressortir deux types de **modifications des dommages potentiels** sur le Rhin ; sur les tronçons rhénans non endigués, les réductions des dommages potentiels sont plus élevées que sur les zones endiguées. La meilleure mise en oeuvre des mesures dans les zones non endiguées tient essentiellement son origine dans la conscience plus prononcée du risque qu'ont les populations dans ces zones.

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 oeuvre ont un effet** sur les dommages potentiels.

Dans les zones endiguées,

⁸ CIPR 2002 : Prévention du risque de dommages liés aux inondations : Mesures générales et leur efficacité, Coblenz 2002, également disponible sur le site www.iksr.org

⁹ CIPR 2006/2007: Instruments d'identification de la réduction des risques de dommages ; disponible à une date ultérieure comme document de la CIPR n° sur le site www.iksr.org.

- 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 sont pratiquement sans effet quand les profondeurs d'inondation sont importantes et les mesures de préservation des surfaces sont mal acceptées.

On peut dire en résumé à propos de la **réduction des risques de dommages** :

pour les **tronçons non endigués du Rhin** qu'une réduction élevée des dommages potentiels est obtenue au travers de la mise en œuvre des mesures '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 de 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.

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, le risque de dommage est déterminé en combinant les dommages potentiels réduits et la récurrence modifiée. Les réductions du risque de dommage ainsi calculées sont de l'ordre de 20 à 30 % sur le Rhin supérieur et de 10 à 15 % sur le Rhin inférieur et dans le delta du Rhin. 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 de protection existant depuis des années dans les zones protégées par les digues. La réduction des risques de dommages est toutefois de 10 à 15 %, due uniquement à la modification de la probabilité d'inondation.
2. Lorsque les débits de crues extrêmes dépassent le débit théorique (cas de surcharge), les digues sont alors submergées. Dans ce cas, la baisse des niveaux d'eau ne joue plus aucun rôle pour le calcul du risque de dommage. 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 %.

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 surcharge due à **des débits 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 pas possible** sans efforts supplémentaires sur l'ensemble du Rhin.

Les illustrations (voir annexes du chapitre 3.5) mettent en évidence les modifications des dommages potentiels en 2005 avec et sans mesures ainsi que l'abaissement des risques de dommages en [%] sur les différents tronçons du Rhin.

Eu égard à l'exigence d'une réduction de 25% des risques de dommages d'ici 2020, on retient que le processus de mise en œuvre accuse un déficit très important et que des mesures supplémentaires s'imposent.

4. Réduction des niveaux de crue

4.1 Amélioration de la rétention des eaux dans le corridor fluvial

Pour des raisons géographiques, les espaces de rétention sont tout particulièrement localisés sur le Rhin supérieur, le Rhin inférieur et le delta du Rhin. Le tableau ci-dessous donne un aperçu des espaces de rétention actuellement opérationnels. Les mesures réalisées du type 'mise en retrait de digues' et 'espaces de rétention manœuvrables', qui sont exposées aux inondations proches du naturel des crues annuelles, constituent également des mesures de restauration écologique des zones alluviales du Rhin.

Les volumes de rétention indiqués dans le texte correspondent à des capacités maximales qui ne peuvent être intégralement exploitées que dans certains cas particuliers de niveaux d'eau extrêmes sur place.

n°	PK du Rhin	Tronçon	Pays	Mesure	Type de mesure	Volume opérationnel [millions de m ³]	
						1995	2005
1	174,0	Rhin supérieur	F	Grand canal d'Alsace	Manoeuvres exceptionnelles des usines du Rhin	45	45
	234 - 274		F	Festons 1 à 3	Manoeuvres exceptionnelles des usines du Rhin		
2	276,0		F	Erstein	Polder de rétention		7,8
3	278,4		D-BW	Altenheim	Polder de rétention	17,6	17,6
4	290,3		D-BW	Barrage agricole de Strasbourg/Kehl	Barrage agricole	13,0 / 37,0 ¹⁾	37,0
5	317,4		D-BW	Söllingen/Greffern	Polder de rétention		12,0
6	330,0		F	Moder	Polder de rétention	5,6	5,6
7	357,5		D-RP	Daxlander Au	Polder de rétention	5,1	5,1
8	379,6		D-RP	Sondernheim	recul de digues		0,3
9	392,6		D-RP	Flotzgrün	Polder de rétention		5,0
10	403,2		D-RP	Speyer	recul de digues		0,5
11	409,9		D-RP	Ile de Koller	Polder de rétention		6,1
12	440,2		D-RP	Worms Bürgerweide	recul de digues		2,0
13	453,3		D-RP	Rheindürkheim	recul de digues		0,01
14	467,3	D-RP	Eich	recul de digues		0,41	
15	707,5	Rhin inférieur	D-NRW	Monheim	recul de digues		8,0
16	797,5		D-NRW	Orsoy	recul de digues		10,0
17	818,5		D-NRW	Ile de Bislich	recul de digues	50,0 ²⁾	50,0
18-23		Delta	NL	2km ² de mesures d'élargissement du lit mineur au totali	Mise en retrait de digues Décaissement du lit majeur		~ 3
			NL	env. 15 km ² de mesures d'élargissement du lit mineur ³⁾	Mise en retrait de digues Décaissement du lit majeur		15 km ² ³⁾
TOTAL						136 / 160 ¹⁾	215
¹⁾ Barrage agricole de Kehl : volume opérationnel de 13 millions de m ³ en régime régulier jusqu'en 2002 et 24 millions de m ³ supplémentaires opérationnels en cas exceptionnel ²⁾ L'île de Bislich était déjà une zone inondée par les crues du Rhin avant l'achèvement de la mesure de rétention. ³⁾ D'autres mesures, sur une superficie d'env. 15 km ² , sont en aval de l'échelle d'arrivée de Lobith et n'ont donc pratiquement aucun effet sur cette échelle. Elles ne sont pas prises en compte dans le calcul du volume total de rétention.							

Aperçu des mesures de rétention/d'abaissement des niveaux d'eau achevées entre 1995 et 2005 et des mesures déjà opérationnelles auparavant

4.1.1 Haut Rhin

Il n'existe aucune opportunité de création d'espaces de rétention en aval des grands lacs subalpins. Le volume de rétention des lacs lui-même est déjà utilisé pour la protection contre les inondations depuis le 19^{ème} siècle au moyen de dérivations et de régulations. L'impact ainsi obtenu existe donc depuis longtemps et est détectable à chaque passage de crue.

4.1.2 Rhin supérieur

Les mesures les plus efficaces de réduction des niveaux de crue du Rhin sont les espaces de rétention manoeuvrables et les mises en retrait de digues directement le long du Rhin.

Une convention a été passée entre la République Française et la République Fédérale d'Allemagne le 6.12.1982. Elle prévoit que les deux Etats s'engagent à « prendre les mesures nécessaires pour restaurer en aval de la chute d'Iffezheim le niveau de protection contre les crues qui existait avant l'aménagement du Rhin supérieur ». Cette convention mentionne en détail les mesures ainsi que les volumes de rétention requis. Un autre accord administratif passé entre la Fédération allemande, la Hesse et la Rhénanie-Palatinat règle entre autres la construction d'espaces de rétention supplémentaires dans le but d'éviter que l'état de protection contre les inondations ne se dégrade en aval de Worms.

Les mesures suivantes ont entre-temps été mises en œuvre :

En France, la construction du polder de la Moder près de Gambshheim avait déjà été menée à bien avant 1995, celle du polder d'Erstein à proximité de Sélestat a été achevée en 2004. Ces deux espaces de rétention situés sur le territoire français, d'un volume potentiel de 14,4 millions de m³, de même que les manoeuvres exceptionnelles des usines du Rhin entre Bâle et Gerstheim, contribuent à abaisser les pointes de crue en aval d'Iffezheim.

Dans le Land allemand de Bade-Wurtemberg, le Programme Intégré Rhin (PIR) est en cours de réalisation. Il comporte au total 13 espaces de rétention (167 millions de m³ de volume de rétention pour un coût global de 760 millions d'euros). Avant 1995, les polders d'Altenheim (17,6 millions de m³) et le barrage agricole de Kehl/Strasbourg (13 millions de m³ dans un premier temps) avaient déjà été rendus opérationnels. Les investissements ont ici porté sur 208 millions d'euros. L'intégralité du volume de rétention du barrage agricole de Kehl/Strasbourg, c'est-à-dire 37 millions de m³ au total, est disponible depuis 2002, celui du Polder de Söllingen-Greffern (12 millions de m³) depuis novembre 2005. Le chantier de construction du polder de l'île de Rheinschanz a été ouvert en janvier 2006 ; son achèvement est prévu pour 2009.

Dans le Land allemand de Rhénanie-Palatinat, il est prévu de réaliser sur 10 sites des mesures de rétention des crues (polders et reculs de digues) pour un volume maximal de rétention de 62 millions de m³ et des coûts supérieurs à 180 millions d'euros. En intégrant dans le calcul les mesures co-financées par le Bade-Wurtemberg et la France, on obtient un montant d'investissement de plus de 90 millions d'euros jusqu'en 2005. Les polders de Daxlander Au, de Flotzgrün, de l'île de Koller et d'Ingelheim (2006) ont déjà été mis au point. Les chantiers en cours sont ceux de la mise en retrait des digues à hauteur de Worms-Mittlerer Busch (achèvement prévu en 2007), du polder de Bodenheim/Laubenheim et de l'espace de rétention des crues de Wörth/Jockgrim (polder et recul de digues avec développement du milieu alluvial, achèvement prévu en 2011).

Grâce aux mesures achevées, on retrouve aujourd'hui en aval de la chute d'Iffezheim un niveau de protection supérieur à une occurrence de crue centennale.

Avant toute mesure de restauration ou de consolidation de digues, on vérifie s'il est possible de reculer certaines d'entre elles pour agrandir l'espace de rétention du Rhin. De

telles mesures ont ainsi été réalisées à Speyer-Sondernheim et à Worms-Bürgerweide (Rhénanie-Palatinat) ou sont en cours de réalisation à Mannheim–Sandhofen / Kirschgartshausen (Bade-Wurtemberg).

Le Land de Hesse est financièrement associé à raison de 20 % à la mise en place d'espaces de rétention sur le Rhin supérieur dans le cadre de l'accord susmentionné conclu entre la Fédération et la Rhénanie-Palatinat.

Sur le Rhin supérieur, un volume de rétention de plus de 140 millions de m³ a été créé au total depuis le début des années 80 du siècle dernier. Des mesures représentant presque 30 millions de m³ de volume de rétention supplémentaires sont en cours de réalisation.

4.1.3 Rhin moyen

En raison de l'étroitesse de la vallée du Rhin moyen, il n'y a sur ce tronçon aucune opportunité d'amélioration de la rétention des eaux.

4.1.4 Rhin inférieur

Les mesures de recul de digues de Niederkassel, Orsoy et Monheim, de même que la mise en place d'une digue éloignée du Rhin sur l'île de Bislich ont déjà été achevées. Un volume de rétention d'env. 70 millions de m³ est ainsi opérationnel depuis 1995 sur une superficie totale de 1.500 hectares. Les coûts se sont élevés à un total d'env. 100 millions d'euros. Pour l'avenir, ces surfaces inondables sur le Rhin inférieur sont garanties durablement du fait du recul des digues.

La Rhénanie-du-Nord-Westphalie a achevé à l'été 2002 les travaux de mise au point de la zone de rétention de l' « île de Bislich ». Les Pays-Bas ont contribué au financement de l'opération à raison d'env. 10 millions d'euros (subventions IRMA) étant donné l'impact positif de cette mesure sur le territoire néerlandais.

La planification de l'espace de rétention de Cologne-Langel est déjà achevée, de même que le recul de digues à Lohrwardt. Le recul de digues Mündelheim est en cours de déclaration d'utilité publique.

4.1.5 Delta du Rhin

Les plans néerlandais d'élargissement du lit fluvial visant à augmenter la capacité d'écoulement ont débouché sur le projet « Espace pour le fleuve ». Les travaux d'élargissement du lit mineur ont été engagés en 2001 pour rehausser de 1.000 m³/s le débit transitant dans les bras du Rhin.

Pour atteindre cet objectif, de nombreux projets ont déjà été mis en œuvre (en partie à l'aide de subventions IRMA) ou sont en phase de construction ou de planification. Ces projets sont principalement axés sur des décaissements du lit majeur, des reculs de digues et sur la restauration de tracés fluviaux à caractère plus naturel. Dans le cadre des mesures de décaissement et d'élargissement du lit majeur, il est simultanément tenu compte de la « structure écologique principale ». Depuis 1995, les mesures ont ainsi porté sur une surface d'env. 17 km², l'accent ayant essentiellement porté sur des décaissements de lit majeur et quelques mises en retrait de digues (par ex. reculs de digues de Bakenhof et de Lekijk West, passage du pont ferroviaire d'Oosterbeek, abaissement de l'île de retenue de Driel et des surfaces situées en avant des digues à Steenwaard et Zanen-Verstoep).

Les coûts globaux des projets réalisés de 1995 à 2005 s'élèvent à env. 160 millions d'euros.

4.2 Amélioration de la rétention des eaux dans le bassin versant

De nombreuses mesures peuvent faire augmenter ou réduire la rétention des eaux dans le bassin versant. En fonction de la quantité d'eau retenue, de la forme et du volume de l'hydrogramme, les mesures de rétention ont toujours un rayon d'action déterminé. Du fait des volumes de rétention comparativement assez restreints, toutes les mesures surfaciques n'ont qu'une portée limitée et n'ont donc qu'un faible effet sur les hydrogrammes du Rhin, même lorsqu'on considère leur impact cumulé. L'importance de toutes les mesures de restauration des cours d'eau est cependant à souligner, car elles rendent aux cours de petite ou de grande taille un espace plus large, allongent leur linéaire et renforcent la diversité morphologique du milieu alluvial, des berges et du lit mineur. Toutes ces mesures sont en outre très précieuses du fait de leur impact local et régional de réduction des crues et ont simultanément un effet positif de restauration écologique de l'hydrosystème, conformément au Programme Rhin 2020 et à la directive cadre communautaire sur la politique de l'eau. Elles s'inscrivent ainsi dans une approche de gestion intégrée des eaux et débouchent sur des situations dites « gagnant-gagnant » qu'il convient d'exploiter le plus souvent et le plus judicieusement possible.

4.2.1 Suisse

Restauration écologique

Une des principales mesures permettant d'éviter l'augmentation des pointes de débit est celle consistant à retenir la masse d'eau courante dans le lit mineur grâce au développement de structures proches du naturel. Les efforts financiers de restauration écologique ont déjà été indiqués dans le chapitre 3.3. Les coûts par unité de longueur varient fortement selon la taille du cours d'eau et le périmètre environnant, il est impossible d'évaluer ici la longueur de linéaire concernée. Il faudrait en outre ajouter dans les calculs les portions de linéaire restaurées dans le prolongement des projets de protection contre les inondations.

Evaluation écomorphologique

On ne peut estimer l'ordre de grandeur des données chiffrées sur les tronçons de cours d'eau restaurés que si l'on dispose d'une évaluation de leur état général. Celui-ci peut être déterminé à partir des recensements écomorphologiques réalisés de 1999 à 2005. Les zones examinées jusqu'à présent représentent une longueur totale de linéaire de 61.000 km, ce qui correspond à peu près à 72 % du réseau hydrographique global. 34.000 km de ce total se trouvent dans des zones escarpées ou non accessibles et sont donc sans aucun intérêt pour un objectif de rétention. Ces cours d'eau sont naturels pour la plupart. Les recensements ont porté sur 27.300 km jusqu'à présent, dont 2600 km non cependant pas encore été évalués. Sur l'ensemble des tronçons évalués, on note que 15.000 km ou 60% sont proches du naturel ou peu dégradés. 5.500 km, soit 20%, sont fortement dégradés ou artificiels et 4.200 km ou 17% sont soumis à des aménagements rigides et recouverts. Il en résulte que 9.700 km ou env. 12% du réseau hydrographique global devraient faire l'objet de mesures de restauration.

Espace fluvial et surfaces de compensation écologique

Les exigences concernant l'espace fluvial ont été définies en 1999 et sont en cohérence avec l'état de référence visé pour les cours d'eau publié en 2003. On encourage en outre une gestion des berges à la fois écologique et sans impact négatif sur la protection contre les inondations en accordant depuis 2001 à l'exploitant agricole favorisant la formation de bosquets le long des rives et des champs des paiements compensatoires.

Les surfaces de compensation écologique ont pour fonction première la préservation de la diversité des espèces. Désigner de telles surfaces le long du réseau hydrographique offre certains avantages supplémentaires : elles permettent d'une part de mettre en réseau les habitats et donnent d'autre part au cours d'eau un corridor d'écoulement de son débit et d'épanchement de ses hautes eaux. Pour obtenir des paiements directs agricoles, 7% de la surface agricole utile doivent être désignées zones de compensation écologique. Les surfaces de compensation sont passées d'env. 20.000 hectares à 90.000 hectares entre

1993 et 1999. Depuis, la progression est devenue plus lente et le total s'élève en 2005 à environ 97.000 ha. Sous l'angle de la gestion des eaux, les surfaces de compensation localisées dans les vallées sont particulièrement importantes. On y trouve aujourd'hui 57.000 ha de surfaces de compensation écologique exploitées de manière extensive. Il manque encore 8.000 ha pour que soit atteint d'objectif de 65.000 ha de surfaces de compensation écologique.

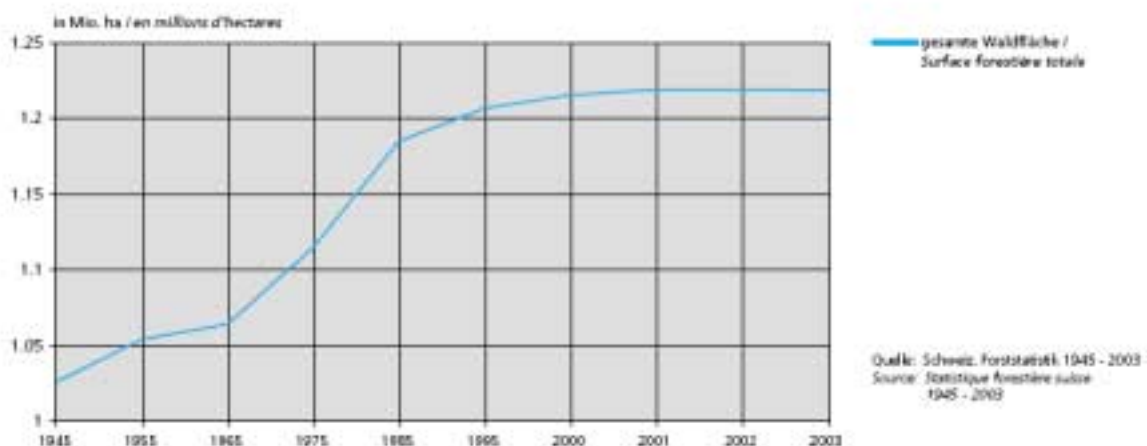
Les paiements écologiques compensatoires agricoles s'élèvent aujourd'hui à env. 1 450 FS (= 917 euros) par hectare et par an. Ce montant constitue une incitation financière pour les formes d'exploitation extensive et est utilisé pour évaluer les coûts de passage de surfaces à exploitation intensive à des surfaces de compensation écologique. On estime que cette approche va doubler de volume à l'avenir sous l'effet de la hausse envisagée des contributions financières.

On discute actuellement de la manière d'intensifier les incitations pour obtenir la désignation de surfaces de compensation écologique à proximité des berges, où elles font encore défaut à l'heure actuelle, afin qu'elles puissent servir simultanément les intérêts de l'écologie, de l'agriculture et de la gestion des eaux.

Occupation des sols

Les surfaces boisées ont fortement augmenté jusque dans les années 90 du siècle dernier. Depuis l'an 2000, leur superficie s'est stabilisée autour de 1 218 000 ha. (figure 3)

G 1.2 Zunahme der Waldfläche in der Schweiz 1945-2003
Accroissement de la surface forestière en Suisse, 1945 - 2003



En outre, les surfaces urbanisées augmentent d'env. 27 km² par an ; elles occupent aujourd'hui à peu près 7% du territoire suisse. Cette augmentation se fait quasi exclusivement au détriment des surfaces d'exploitation agricole. On souhaite certes renforcer l'infiltration des eaux dans les zones urbaines mais on ne dispose pas de chiffres sur les mesures prises à cette fin.

4.2.2 France

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.

4.2.3 Allemagne

Des programmes de préservation des cours d'eau et de zones alluviales proches du naturel et de restauration de milieux aquatiques artificialisés existent dans tous les Länder fédéraux allemands. Selon les réglementations en vigueur dans les Länder, les cours d'eau sont restaurés au travers de mesures écologiques d'entretien et de renaturation combinées à l'achat de surfaces dans le champ alluvial. Sur l'ensemble du bassin allemand du Rhin, des plans d'entretien et de restauration des fleuves, rivières et ruisseaux sont mis en œuvre sur une longueur totale de plus de 18.000 km. Depuis 1995, des cours d'eau ont été restaurés sur une longueur de plus de 2 000 kilomètres pour un coût total de presque 430 millions d'euros.

Des zones inondables ont également été redynamisées dans le cadre des projets de restauration écologique. Leur superficie totale est supérieure à 100 km².

En 2004, on a ainsi commencé à retirer une couche de plusieurs mètres de remblai d'une friche industrielle dans la vallée de la Sarre à hauteur de Völklingen pour restaurer l'ancien niveau de la zone alluviale. Dans une première tranche de travaux, env. 100.000 m³ de terre ont été déblayés sur une superficie d'env. 5 ha et le terrain a été remodelé pour relancer un processus de développement naturel. Ces travaux ont été exécutés dans le cadre d'un projet INTERREG III B.

Les gouvernements des Länder fédéraux riverains du Rhin encouragent à la fois l'agriculture et la sylviculture afin de promouvoir la rétention surfacique des eaux par le biais de formes d'exploitation agricole ou sylvicole respectueuses de l'environnement. Ainsi, rien qu'en Rhénanie-Palatinat, des mesures de promotion de modes d'exploitation écologique ont porté sur 1.700 km² de surfaces agricoles, avec un volume total de subventionnement de 23 millions d'euros par an. Ceci correspond à env. 25% de l'ensemble des surfaces agricoles. Au Bade-Wurtemberg, la surface correspondante s'élève à plus de 2.900 km², en Hesse à 677 km² pour quelque 55 millions d'euros et en Rhénanie-du-Nord-Westphalie à 3.000 km², ce qui correspond à un montant de l'ordre de 50 millions d'euros.

Depuis 1995, 27 km² ont été reboisés en Rhénanie-Palatinat pour un volume financier de plus de 10 millions d'euros. En Hesse, un Land déjà très boisé, les chiffres sont d'env. 6 km² pour 4 millions d'euros. Les surfaces reboisées au Bade-Wurtemberg au cours des 10 dernières années représentent quant à elles plus de 176 km² ; elles sont de 80 km² en Rhénanie-du-Nord-Westphalie pour un coût de 80 millions d'euros. Le développement de forêts naturelles mixtes sur des sites appropriées sera déterminant à long terme pour renforcer la capacité d'emménagement en eau des sols forestiers et par là même pour la rétention des eaux.

Les lois allemandes sur les eaux intègrent le principe fondamental de retenir les eaux pluviales à la surface du bassin et de mettre en œuvre des mesures de gestion des précipitations, comme par ex. l'infiltration sur place. Ce principe est déjà appliqué sur environ 50 km² de zones d'urbanisation récentes rien qu'au Bade-Wurtemberg, en Hesse, en Rhénanie-Palatinat et en Sarre.

Les ouvrages techniques de rétention des crues contribuent pour une part essentielle à la protection contre les inondations dans le bassin du Rhin. Elles aident également à réduire les niveaux de crue du Rhin, même si leur impact est avant tout optimisé pour être ressenti à l'échelle locale. Au cours de la dernière décennie, un grand nombre de bassins de rétention des eaux de petite et moyenne taille ont été réalisés pour un volume global atteignant pratiquement 40 millions de m³. Les coûts de ces installations se sont élevés à env. 300 millions d'euros.

4.2.4 Pays-Bas

En regard de la problématique des crues, la stratégie suivie consiste à optimiser le débit de l'hydrosystème régional dans le Rhin et de le retenir plus longtemps en situation de débit très élevé. Cette stratégie prend en compte les principes de l'étude sur la gestion des eaux au 21^{ème} siècle : retenir, emmagasiner, évacuer. Dans ce contexte, de nombreux projets de moindre ampleur ont été mis en œuvre dans les hydrosystèmes régionaux et locaux des provinces de Gueldre, d'Overijssel et de Hollande méridionale. Environ 300 km de cours d'eau ont été restaurés au total et des mesures de restauration écologique ont été prises sur une zone de 400 km² de superficie. Les précipitations peuvent à nouveau s'infiltrer dans les sols sur un périmètre d'env. 10 km².

Dans le courant de l'année 2002, plusieurs projets concernant des sous-bassins ont été mis au point puis validés mi-2003 au niveau administratif. Chaque projet de sous-bassin donne un aperçu de la manière dont le régime des eaux doit être ajusté dans les (sous)bassins en fonction des changements climatiques, de l'affaissement des sols et des conséquences du processus croissant d'imperméabilisation des surfaces. Le principe de départ retenu est celui du maintien des conditions en place : les apports dans l'hydrosystème principal de débits plus élevés provenant des hydrosystèmes régionaux, dus à l'impact des changements climatiques, sont compensés par des mesures prises dans les hydrosystèmes régionaux. Ces mesures et leurs répercussions financières sont intégrées entre-temps dans un ensemble de mesures définies par bassin.

Le ministère des Transports et de la Gestion des eaux a affecté un montant unique de 100 millions d'euros à la mise en œuvre du premier tronçon retenu dans le projet. Les projets sont actuellement en phase préparatoire. Les autres programmes, qui découleront des projets appliqués aux sous-bassins, devront être financés par les autorités régionales elles-mêmes.

4.3 Réduction quantitative des niveaux de crue extrêmes

Conformément au Plan d'action contre les inondations de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin, il convient d'évaluer régulièrement l'impact des mesures de rétention réalisées sur les niveaux de crue du Rhin. Des études différenciées ont été réalisées entre-temps pour déterminer l'efficacité des mesures de réduction des niveaux d'eau dans le Rhin jusqu'en 2005¹⁰. A cette fin, ils ont utilisé des crues modélisées sur la base des crues de 1978, 1983, 1988, 1995 et 1999. Ces crues modélisées (5 crues sur le Rhin supérieur, 3 crues sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur) reproduisent les différentes genèses de crue dans le bassin du Rhin. Elles ont été créées pour répondre à l'objectif de l'étude (crue extrême établie à partir de ces crues historiques). Dans un deuxième temps, des mesures y ont été appliquées par simulation.

Parallèlement aux mesures prises dans le bassin du Rhin pour réduire les niveaux d'eau, on relève entre les deux dates 1995 et 2005 18 mesures mises en place ou modifiées sur le Rhin même et entre-temps opérationnelles. Elles se répartissent entre la France (1 mesure avec un volume de rétention de 7,8 millions de m³), le Bade-Wurtemberg (1 mesure avec un volume de rétention de 12,0 millions de m³), la Rhénanie-Palatinat (7 mesures avec un volume de rétention de 14,3 millions de m³), la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (2 mesures avec un volume de rétention de 18 millions de m³). Les Pays-Bas ont rendu opérationnelles plusieurs mesures sur env. 17 km²¹¹ de surfaces

¹⁰ cf. rapport de la CIPR sur le site www.iksr.org: 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 (doc. CIPR n°....)

¹¹ Toutes les mesures mises en œuvre aux Pays-Bas n'ont pas été incorporées dans les calculs. Etant donné que les calculs se réfèrent à l'échelle d'arrivée de Lobith, des mesures importantes pour cette région ont été modélisées. Elles représentent au total une superficie de 188 ha (env. 2 km²). De nombreuses mesures plus en aval ont un impact local important mais n'ont pas d'effet au niveau de l'échelle de Lobith.

supplémentaires de rétention. Par rapport à l'état de référence 1995, le volume de rétention supplémentaire disponible en 2005 équivaut à au moins 55 millions de m³ répartis sur le Rhin supérieur, avec 34 millions de m³, et sur le Rhin inférieur, avec 21 millions de m³ de volume de rétention supplémentaire.

D'après le Plan d'action contre les inondations, des réductions de niveau d'eau jusqu'à 30 cm doivent être atteintes d'ici 2005 par rapport à l'état de 1995. L'analyse des crues modélisées fait apparaître des **réductions maximales des pointes de crue** pouvant atteindre jusqu'à **31 cm** à l'échelle de **Maxau** (Rhin supérieur, en amont du débouché du Neckar). A l'échelle de **Worms** (Rhin supérieur, en aval du débouché du Neckar), les mesures permettent d'abaisser les pointes de crues de **29 cm** au maximum, ceci cependant dans le cas d'une crue de petite ampleur, c'est-à-dire à un niveau non critique pour les digues. Dans le cas d'une crue bicentennale, pour laquelle ont été dimensionnées les digues, les réductions de pointe de crue calculées ne sont plus que de **17 cm** au maximum. Elles se traduisent par une baisse de niveau de pointe allant jusqu'à **12 cm** à **Kaub** (Rhin moyen, près du débouché de la Nahe) et atteignent encore jusqu'à **11 cm** à l'échelle de **Cologne**. A l'échelle de **Lobith** située à la frontière germano-néerlandaise, la pointe de crue de la variante reproduite par calcul pour simuler une crue extrême accuse une baisse pouvant atteindre **7 cm** ; dans une situation de débit millénaire, la réduction n'est plus que de **3 cm** (informations supplémentaires dans le tableau ci-après ; la figure correspondante peut être consultée dans l'annexe de ce chapitre).

Dans le cadre de l'évaluation de l'impact des mesures réalisées entre 1995 et 2005, il convient de prendre en compte l'estimation de l'efficacité des mesures déjà appliquées jusqu'en 1995 ; en effet, on disposait déjà à la date de référence 1995 d'env. 110 millions de m³ de rétention opérationnels sur le Rhin supérieur et de 50 millions de m³ sur le Rhin inférieur.

Les calculs de modélisation font apparaître que les ouvrages de rétention créés entre 1977 et 2005 sur le Rhin permettent d'abaisser le niveau d'eau d'une pointe de crue bicentennale de 50 à 60 cm à l'échelle de Maxau et plus de 10 cm à l'échelle de Lobith. Ces réductions très sensibles des niveaux d'eau ne se réfèrent pas cependant à la période de référence de 1995-2005 fixée dans le Plan d'action contre les inondations.

Les réductions de pointe obtenues sont uniquement dues aux mesures réalisées directement sur le Rhin, c'est-à-dire rentrant dans le champ d'analyse de la présente étude. Pour une grande part, les mesures mentionnées dans le Plan d'action contre les inondations comme mesures prises à l'échelle du bassin (restauration écologique, extensification de l'agriculture, reconquête du milieu, boisement et désimperméabilisation) n'ont pas pour objectif précis la protection contre les inondations du Rhin mais déploient surtout leurs effets à un niveau local sur les crues de moindre ampleur provoquées par les affluents rhénans et permettent d'atteindre d'autres objectifs politiques importants.

Les seules catégories de mesures prises dans le bassin versant qui soient susceptibles d'avoir un impact réducteur, limité cependant, sur les crues du Rhin, sont les redynamisations de zones inondables et les rétentions techniques. L'impact des zones inondables redynamisées ne peut cependant se ressentir sur le débit de pointe du Rhin que si les surfaces reconquises aux abords d'un affluent représente un volume de rétention significatif par rapport à la crue du Rhin considérée et si, de plus, elles sont inondées suffisamment longtemps pour qu'après l'apport de débit de l'affluent dans le Rhin un effet de réduction de débit se produise sur la pointe de crue du Rhin. Ces conditions n'existent pas cependant dans le bassin du Rhin, étant donné que les débits des cours d'eau latéraux précèdent généralement la crue du Rhin. Les dispositifs techniques de rétention des crues mis en place sur les affluents du Rhin ne peuvent pas non plus réduire notablement le débit de crue du Rhin, comme le démontrent d'autres études.

Pour toutes ces raisons, on a renoncé à identifier les mesures prises dans le bassin car elles ne contribuent pas pour une part essentielle, à quelques exceptions près, à réduire les niveaux de crues extrêmes sur le Rhin. De ce fait, un tel travail d'identification complexe par modélisation n'apparaît ici ni justifié ni nécessaire.

Pour chacune des crues modélisées soumises à analyse, les abaissements de niveaux d'eau calculés sont classés dans le tableau suivant en fonction des échelles d'arrivée et des récurrences de crue pour des échelles sélectionnées.

Echelle	Modifications minimales/maximales de niveau d'eau [en cm] entre l'état 1995 et l'état 2005 pour les crues modélisées analysées					
	crue centennale		crue bicentennale		crue millénaire	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Maxau	-7	-20	1	-31	non calculé	
Worms	-5	-13	-4	-17	non calculé	
Kaub	0	-12	2	-12	non calculé	
Cologne	0	-8	-6	-9	-6	-11
Lobith	-1	-7	-2	-7	1	-3

Impacts des mesures de réduction des niveaux d'eau sur les pointes de crue en 2005 par rapport à 1995

Les analyses se fondent sur des réductions de pointes de crue, des réductions plus importantes pouvant encore être atteintes avant ou après l'arrivée de la pointe à un endroit donné.

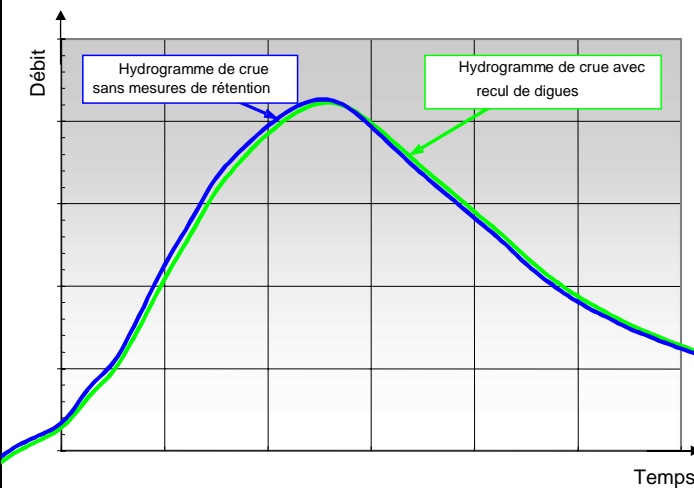
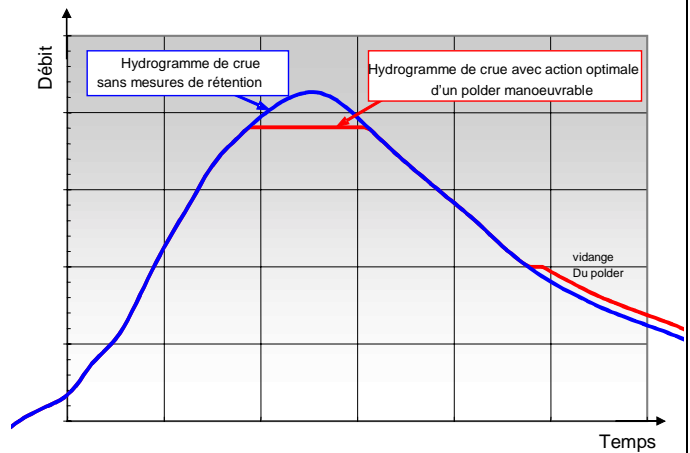
Dans le cadre de l'objectif de réduction des pointes de crue visé dans le Plan d'action contre les inondations d'ici 2020 et vu les volumes limités de rétention disponibles, il convient en outre de tenir compte du fait qu'à volume égal les mesures manoeuvrables ont un impact nettement plus important sur place que les mesures non manoeuvrables.

Pour une meilleure compréhension des résultats des études d'identification des impacts, il convient de tenir compte des faits suivants :

- Conformément aux conventions franco-allemandes, les rétentions du Rhin supérieur ont essentiellement pour fonction de restaurer le niveau de protection contre les inondations qui existait avant l'aménagement du Rhin supérieur. Les échelles d'arrivée visées par les manoeuvres sont celles de Maxau et de Worms, pour lesquelles l'impact des rétentions est optimisé.
- Une mesure de réduction des pointes de crue ne peut déployer son effet maximal que dans une zone limitée. Ce rayon d'action limité dépend du volume de l'espace de rétention et de l'ampleur de la crue. Ce rayon d'action limité peut toutefois être amélioré au moyen de mesures « manoeuvrables ».

Impacts de différentes mesures de rétention

On entend par mesure de rétention la mise à disposition de surfaces d'inondation supplémentaires pour un cours d'eau. Dans ce contexte, on fait la distinction entre mesures de rétention manœuvrables et mesures de rétention non manœuvrables. Les **mesures de rétention manœuvrables** telles que les polders ne sont mises en eau que lorsque des niveaux d'eau définis sont dépassés. Judicieusement mis à contribution, le volume de rétention disponible peut permettre d'écrêter les pointes de crue. Il en résulte une réduction de débit accompagné d'une baisse de niveau d'eau à un niveau local, cet impact s'amenuisant vers l'amont en termes de niveau d'eau et sur une longue distance vers l'aval au niveau des débits. La prise en compte des prévisions de crue permet de cibler le remplissage et le vidage du polder et d'optimiser ainsi l'utilisation du volume disponible. Quand se produisent des petites crues sans danger, de nombreux polders sont ouverts à des submersions écologiques, ceci pour améliorer les conditions alluviales ; leur effet est alors similaire à celui de reculs de

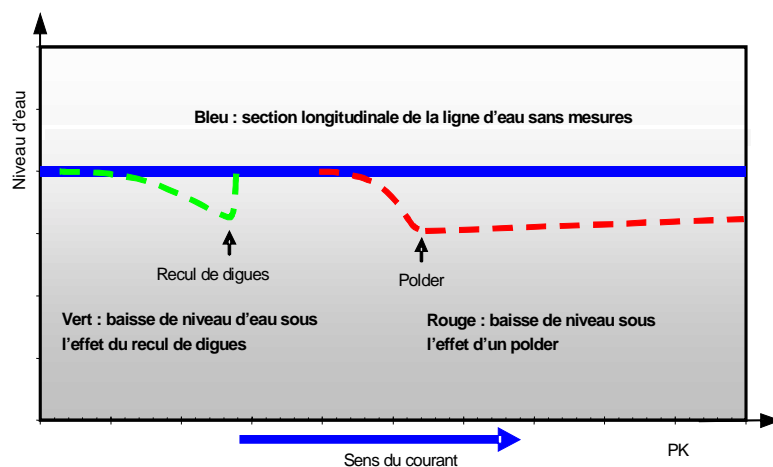


digues (voir plus bas).

Les mesures de rétention non manœuvrables (par ex. les retraits de digue, les ouvertures ou les fentes faites dans les digues) ont, en fonction du type d'exécution, des impacts différents sur les niveaux d'eau et les débits. En cas de reculs de digues, les espaces de rétention sont mis en eau dès que le niveau d'eau augmente. L'espace de rétention se remplit pendant toute la phase de montée des eaux de crue et est donc déjà pratiquement plein au passage de la pointe de la crue. C'est pourquoi la réduction de la pointe de crue est faible. Un recul de digue a donc en premier lieu pour effet de ralentir l'onde de

débit. Etant donné que les mesures de rétention non manœuvrables vont souvent de pair avec un agrandissement du profil transversal du lit, elles font malgré tout baisser le niveau des eaux en situation de débit constant. Cette baisse du niveau d'eau est observée autant sur le lieu même de la mesure qu'en amont de celle-ci avec un effet décroissant. Elle s'imprime sur l'onde de crue dans son ensemble à partir de l'instant où démarre la mise en eau de la mesure de rétention.

La coupe longitudinale schématisée à droite montre les différents effets d'abaissement du niveau d'eau atteints par les reculs de digues et par les polders.



- Le fonctionnement des mesures « manoeuvrables » sur le Rhin supérieur consiste en un abaissement de la pointe de crue de l'onde du Rhin supérieur avec restitution du volume d'eau retenu dans l'espace de rétention après le passage de la pointe. Cette nouvelle répartition du débit, qui est ressentie sur toute la partie aval du Rhin, se caractérise cependant par un étirement dans le temps du volume de pointe à mesure que l'onde se déplace vers l'aval, ce qui permet d'atténuer les différences maximales de débit. Les réductions les plus importantes obtenues au travers des mesures de rétention supplémentaires rendues opérationnelles entre 1995 et 2005 sont de l'ordre de 250 à 400 m³/s et s'affaiblissent ensuite, pour les raisons mentionnées plus haut, pour ne plus atteindre que des valeurs de 100 à 200 m³/s à la frontière germano-néerlandaise. A ceci s'ajoute le fait qu'une réduction constante de débit se traduit par un abaissement dégressif du niveau d'eau à mesure qu'augmente le profil transversal du fleuve, comme c'est le cas dans le Rhin inférieur par rapport au Rhin supérieur. Toutes ces remarques expliquent que les mesures prises sur le Rhin supérieur ne peuvent avoir d'impact que sur un rayon limité et ne peuvent couvrir qu'en partie les besoins globaux de rétention des crues requis sur le Rhin jusqu'à la mer du Nord.

On constate en résumé que la réduction visée des niveaux de crues du Rhin jusqu'à 30 cm est atteinte sur le Rhin supérieur au travers des ouvrages de rétention mis en place de 1995 à 2005. Sur le Rhin moyen, cette réduction est d'env. 10 cm. Sur le Rhin inférieur, il ressort des calculs que des réductions de l'ordre de 10 cm sont également atteintes autour de Cologne. Elles sont au maximum de 7 cm à hauteur de la frontière germano-néerlandaise et de 3 cm dans le cas d'une crue théorique. Ces réductions ne sont pas atteintes dans chaque cas de figure analysé. En fonction de la genèse de crue, il arrive dans certains cas qu'aucune réduction ne soit pratiquement constatée sur les niveaux de pointe.

Il est probable que la réduction visée des niveaux de crue extrêmes jusqu'à 70 cm en aval du tronçon régulé du Rhin supérieur ne pourra être atteinte d'ici 2020 avec les mesures prévues.

5. Sensibilisation renforcée au risque d'inondation

5.1 Activités de la CIPR

Contribution à la mise en place d'un réseau communal d'information

Des efforts sont entrepris depuis l'an 2000 pour améliorer la prise de conscience du risque d'inondation au travers d'un réseau communal rhénan s'étendant du lac de Constance à la mer du Nord. Les ateliers régionaux organisés dans ce cadre doivent permettre de sensibiliser tous les responsables sur le Rhin aux nécessités de la prévention des crues. En coopération étroite avec la Hochwassernotgemeinschaft Rhin, la CIPR a organisé à la suite du 3^{ème} colloque international sur le Rhin (colloque d'ouverture à Cologne les 15 et 16 juin 2000) les ateliers de Karlsruhe (19 et 20 octobre 2000), de Coblenz (7 décembre 2000), de Speyer (29 et 30 août 2001), de Nimègue (du 7 au 9 novembre 2001), de Bâle (20 mars 2002) et de Limbourg (5 mai 2004). On constate rétrospectivement que ces ateliers ont globalement contribué à améliorer la conscience du risque d'inondation, qu'ils ont donné lieu à d'autres actions régionales de sensibilisation et qu'ils ont ainsi répondu aux attentes fondées.

Atlas de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crues extrêmes sur le Rhin¹²

L'atlas du Rhin a pour but de montrer aux personnes concernées le long du Rhin ainsi que dans sa vallée le risque d'inondation et les dommages susceptibles de se produire en cas de crue extrême. L'atlas est un élément du Plan d'action contre les inondations et représente une analyse plus poussée de l'atlas du Rhin « Ecologie et protection contre les inondations » publié en 1998 et rassemblant sous forme cartographique le champ inondable et les zones d'intérêt écologique de la vallée rhénane.

L'atlas du Rhin constitue une base de données et le fondement des mesures à prendre au titre du premier et du troisième objectifs opérationnels du Plan d'action contre les inondations en cours d'exécution. Il doit être ainsi montré aux autorités publiques et aux populations riveraines du Rhin que des mesures complémentaires sont à prendre en compte pour appuyer les mesures de réduction des dommages dus aux inondations. L'Atlas du Rhin a été publié sous forme imprimée et de cédérom et est disponible depuis l'été 2002 sur le site de la CIPR www.iksr.org.

Etude d'efficacité sur les risques de dommages en cas de crue et catalogue de mesures de réduction des dommages dus aux inondations¹³

Les dispositions quantitatives de réduction des dommages fixées dans le Plan d'action contre les inondations imposent une évaluation quantitative de l'efficacité des mesures d'aménagement du territoire et d'urbanisation, de protection des bâtiments, de lutte contre les risques majeurs, de protection renforcée de zones centrales, de prévision, d'avertissement et d'information du public. Cette évaluation de l'efficacité des mesures susmentionnées a été placée au centre d'une étude qui a été menée à bien en 2002. Cette étude d'efficacité, outil de sensibilisation des populations aux questions de risques de dommages, montre quelles sont les mesures envisageables pour réduire le risque de dommages en présence de crues de différentes ampleurs. Ces mesures éventuelles ont été estimées en fonction de leur capacité à réduire les risques de dommages dans des situations variées. L'étude présente en outre les outils actuellement disponibles pour réduire les dommages potentiels imputables aux inondations. Elle ne peut toutefois en

¹² Atlas de la CIPR de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crues extrêmes sur le Rhin, Coblenz 2002 ; également disponible sur le site www.iksr.org

¹³ CIPR 2002 : Prévention du risque de dommages liés aux inondations : Mesures générales et leur efficacité, Coblenz 2002, également disponible sur le site www.iksr.org

aucun cas remplacer une analyse de risque détaillée faisant ressortir la nécessité et le choix des mesures supplémentaires à prendre.

5.2 Activités bilatérales (Rhénanie-du-Nord-Westphalie et Pays-Bas)

La problématique des inondations du Rhin aux Pays-Bas est étroitement liée à celle que connaît le Land fédéral allemand limitrophe de Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Le ministère des transports et de la gestion des eaux, la province de Gueldre et le ministère de l'environnement, de la protection de la nature, de l'agriculture et de la protection des consommateurs de Rhénanie-du-Nord-Westphalie ont donc signé en 1997 une « déclaration commune de coopération dans le domaine de la prévention durable des crues » et l'ont reconduite pour 5 années supplémentaires en 2002. Cette coopération a pour principal objectif d'améliorer et d'ajuster réciproquement les politiques de protection contre les inondations et contre les risques majeurs en zone frontalière et d'intensifier l'échange d'informations et les actions communes de relations publiques. L'organe central de cette coopération est le « Groupe de travail germano-néerlandais 'Protection contre les inondations' ». Ce groupe se réunit régulièrement et veille à accorder les activités réalisées dans le domaine de la protection transfrontalière contre les inondations. Il est organisé tous les deux ans une conférence sur les crues et publié régulièrement une revue bilingue sur ce sujet. Par ailleurs, des études sont lancées pour ancrer les travaux à engager en matière de protection contre les inondations en zone frontalière germano-néerlandaise.

Fin 2001, différentes parties allemandes et néerlandaises ont organisé à Nimègue un congrès où ont été mises en relief diverses idées de renforcement de la conscience du risque d'inondation. De la coopération étroite entre représentants politiques, experts et jeunes issus des deux Etats, 25 idées ont ainsi vu le jour. Les trois meilleures ont été sélectionnées pour être ensuite élaborées plus en détail. Elles prévoient la mise en place d'un club de réflexion sur les inondations, la réalisation d'un projet de visualisation des risques et la mise au point d'un programme appelé « Profiter du fleuve ».

5.3 Activités en Suisse

La succession rapprochée de crues de grande ampleur (1987, 1993, 1999, 2000, 2002 et 2005) a fait prendre conscience aux populations de la présence du risque plus clairement et intensément que n'auraient pu le faire les meilleures activités de relations publiques. Cette conscience du risque est donc dans l'esprit de tous les acteurs ; il convient de veiller à ce qu'elle reste présente. Dans ce contexte, on peut citer comme contribution importante l'analyse des résultats de la crue d'août 2005 qui sera achevée dans deux ans. Les exemples concrets sont plus évocateurs que les calculs et les explications logiques et la crue de 2005 fournit toute une série de ces exemples de mesures de prévention ayant porté leurs fruits. Les assurances immobilières ont publié diverses brochures d'information sur les comportements appropriés à adopter, entre autres cette directive sur la protection des bâtiments déjà évoquée précédemment. En outre, les assurances immobilières du canton de Berne ont distribué aux personnes touchées souhaitant s'informer la brochure de la CIPR sur l'efficacité des mesures de prévention des dommages liés aux inondations.

5.4 Activités en France

Différentes activités ont été réalisées en France pour renforcer la prise de conscience des habitants face au risque d'inondation. Elles portent sur la publication des cartes des terrains reconnus inondables, sur l'obligation de réaliser un plan communal contre les risques naturels qui est porté à la connaissance du public et révisé régulièrement, sur l'obligation faite aux communes d'installer sur les édifices publics des « repères de crues ».

Par ailleurs, les risques sont intégrés dans les décisions foncières : le vendeur d'un bien immobilier est obligé de signaler le risque à l'acquéreur et des interdictions de construire ou des contraintes spécifiques sont imposées par voie réglementaire pour les terrains inondables.

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

5.5 Activités en Allemagne

Au cours des dernières années, des efforts ont été entrepris en Allemagne sous forme de nombreuses actions et publications pour renforcer auprès des populations, des collectivités publiques et des autres instances politiques la conscience du risque d'inondation et pour souligner que la prévention des crues n'est pas uniquement une tâche réservée aux responsables de la gestion des eaux mais qu'elle relève de la responsabilité de tous les acteurs et utilisateurs dans les zones exposées au risque d'inondation.

Il n'est en effet possible de réduire les dommages dus aux inondations qu'en renforçant la prévention et la responsabilité individuelles. A cette fin, les communes et les administrations des Länder fédéraux allemands du bassin du Rhin ont mis au point une multitude d'activités, diffusé des publications sous forme de brochures d'information, de films vidéo, de présentations internet, et ont organisé des manifestations d'information sur le sujet. Quelques projets exemplaires sont présentés dans les paragraphes suivants:

Des « partenariats de prévention des crues » ont vu le jour au Bade-Wurtemberg pour affermir la conscience du risque d'inondation sur la base de cartes des aléas, la transmission d'expériences et de connaissances en matière de prévention des crues et la mise en place d'un réseau reliant tout particulièrement les communes d'un bassin. On entend ainsi renforcer la solidarité entre riverains d'amont et d'aval (« nous sommes tous dans la même barque »). Les groupes visés sont en priorité les communes et les associations.

On espère obtenir environ 25 « partenariats de prévention des crues » de ce type au cours des prochaines années ; on en comptait déjà neuf fin 2005.

Partant d'un projet pilote réalisé dans la circonscription de Rastatt, il est actuellement mis au point et testé un système d'information et de communication sur le web. Ce système a été baptisé FLIWAS (FLutInformations- und WArnSystem). Il devrait être opérationnel au plus tard en 2007 dans la vallée du Rhin depuis Iffezheim jusqu'à Mannheim et aider tous les responsables à mieux maîtriser à l'avenir les situations critiques de crues. Ce système va combler les lacunes subsistant entre les systèmes d'avertissement précoce et de prévision d'une part et les plans d'intervention des services de secours et permettre aux responsables de la gestion des eaux et de la lutte contre les risques majeurs de coopérer encore plus étroitement. FLIWAS est mis au point dans le cadre d'un partenariat international (entre autres avec 6 partenaires néerlandais et la ville de Cologne) ancré dans le projet NOAH du programme INTERREG IIIB (www.noah-interreg.net).

Les inondations ont été au centre de nombreuses communications de l'administration bavaroise de la gestion des eaux ces dernières années. Des outils de relations publiques et de communication ont ainsi été mis au point pour renforcer la prise de conscience (cahiers thématiques, expositions, présentations orales, matériel didactique).

Les crues de 1999, 2002 et 2005 ont eu pour effet de sensibiliser fortement la population à la problématique des crues.

La Bavière a mis en place sur internet en 2004 un « service d'informations pour les zones exposées aux risques d'inondation (IÜG). Les personnes intéressées peuvent s'y informer directement du degré d'exposition de leur terrain au risque d'inondation à l'aide d'un service cartographique interactif (www.bayern.de/lfw/iug). Ce service d'informations est

remis à jour et perfectionné en permanence en fonction des nouvelles zones inondables identifiées.

Au cours de la période couverte par le rapport, le Land de Hesse a réalisé 11 manifestations publiques de grande ampleur sur les questions de protection contre les inondations. On retiendra ici tout particulièrement les conférences techniques « Protection contre les inondations en Hesse » tenues en 2002 à Idstein et en 2004 à Baunatal.

Dans la plaine alluviale rhénane palatine, paysage culturel caractérisé par le milieu fluvial, les intérêts fondamentaux de gestion des eaux, de protection contre les inondations, de protection de la nature, d'exploitation agricole, de culture de loisir et de détente et de développement urbain et industriel doivent trouver place dans un échange de vues général et être appliqués dans une politique d'occupation des sols coordonnée.

Préalablement à cette nouvelle conception de la plaine alluviale rhénane de la Rhénanie-Palatinat, le ministère de l'environnement et de la sylviculture a réalisé un projet pilote intitulé « Une région dialogue : développement du milieu alluvial rhénan dans la région de Mayence-Ingelheim ». Grâce à l'association du public aux activités, la construction du polder d'Ingelheim a pu démarrer plus tôt que prévu.

Un second projet pilote est mis en œuvre dans le cadre de l'ouvrage de rétention des hautes eaux de Wörth/Jockgrim à Neupotz. Le projet intitulé « Vivre le long du fleuve » doit montrer qu'un aménagement durable de la plaine alluviale rhénane locale, polder y compris, peut améliorer nettement la qualité de la vie ainsi que les opportunités de détente dans le milieu environnant.

Le « projet cadre de développement durable des zones proches du Rhin dans la vallée du Rhin moyen », mis en place par le ministère de l'environnement et de la sylviculture de la Rhénanie-Palatinat met en relief les opportunités de développement qu'offre ce paysage déclaré patrimoine culturel de l'humanité, notamment dans ses zones inondables. Ce projet est à la base d'un plan technique de gestion des eaux visant à développer durablement le lit majeur du Rhin et à améliorer les conditions d'écoulement du débit. Le projet cadre englobe en outre tout un ensemble de suggestions de développement durable et intégré des zones d'implantation urbaine de la vallée du Rhin moyen, par exemple pour améliorer le cadre de vie et les fonctions de loisir.

La Sarre a élargi la palette des services qu'elle propose sur internet pour renforcer la conscience du risque d'inondation¹⁴. On y trouve des données mises à jour sur les niveaux d'eau et, en situation de crue, des rapports de situation actualisés ainsi que les résultats des prévisions de crue pour les cours d'eau présentant un risque d'inondation. Les zones inondables désignées ou dont la désignation est prévue sont disponibles dans un système d'information géographique avec vues aériennes en arrière-plan.

Pour les responsables désirant s'informer, il existe aujourd'hui en Rhénanie-du-Nord-Westphalie le système d'information sur la protection contre les inondations du Rhin inférieur. A l'époque des crues du Rhin de 1993 et de 1995, il n'existait pas encore de système d'information systématique qui aurait pu permettre aux acteurs d'assurer la sécurité des digues à partir de paramètres précis et de données concrètes. Pour parer à cette carence, il a donc été mis au point au cours des dernières années un système d'évaluation de la stabilité des digues en fonction des niveaux de crue. Pour rendre ce système d'évaluation rapidement utilisable au quotidien, un « système d'information sur la protection contre les inondations » fondé sur un SIG numérique a été mis au point dans un deuxième temps. Le registre numérique des digues qui y est intégré, et qui rassemble toutes les informations importantes, a été mis à la disposition des villes et associations de maintenance des digues responsables de la protection contre les inondations.

¹⁴ (www.umwelt.saarland.de et www.lua.saarland.de)

5.6 Activités aux Pays-Bas

Fin 2001, le Rijkswaterstaat a aménagé sur un bateau une exposition sur le fonctionnement de nos rivières, les impacts des inondations et les possibilités d'accroître la sécurité. Ce bateau a fait escale en 15 endroits dans les bras du Rhin et était accessible à tous les intéressés. Il était possible de discuter à bord avec des représentants du Rijkswaterstaat et des groupes d'intérêts.

De nombreuses activités ont également eu lieu dans le cadre du projet 'Espace pour le fleuve' dans le but de renforcer la prise de conscience face au risque d'inondation. Figurent entre autres parmi ces activités : les manifestations informatives, les présentations en public, les brochures sur l'approche suivie et les mesures prises dans le cadre de la procédure de déclaration d'utilité publique 'Espace pour le fleuve' de même que des contributions télévisées, de nombreux articles de journaux sur les différentes décisions dans le cadre de la procédure de déclaration d'utilité publique (note de lancement, plans politiques, position du cabinet) et un site Internet.

Les Pays-Bas ont lancé en 2004 une campagne de sensibilisation « Nederland leeft met water » (les Pays-Bas vivent avec l'eau) afin d'attirer l'attention des Néerlandais sur la problématique croissante de l'eau (inondations régionales, problème des crues dans l'hydrosystème principal).

Le « International Symposium on Flood Defence (ISFD3) » s'est tenu en mai 2005 à Nimègue (NL). De nombreuses présentations sur la problématique et la stratégie en termes de risque d'inondation ont été faites dans le cadre de ce colloque.

5.7 Activités des organisations non gouvernementales

Pendant la période couverte par le rapport, les ONG ont sensiblement contribué à renforcer la prise de conscience sur les inondations. Il s'est avéré à plusieurs reprises qu'il était difficile de mobiliser et de sensibiliser les médias et les populations à la question des « crues » lorsqu'il n'y a pas d'inondations. Vu la diversité des ONG travaillant dans la protection contre les inondations et la diversité de leurs actions, nous nous limiterons ici à citer quelques exemples.

La CIPR, la ville de Cologne et la Hochwassernotgemeinschaft Rhin qui regroupe les communes touchées par les inondations et les groupes d'action depuis le Rhin supérieur septentrional jusqu'à la frontière néerlandaise ont organisé conjointement le troisième colloque international sur le Rhin, suivi de cinq ateliers. L'écho positif à ces manifestations montre qu'il est important de se pencher sur les questions de protection contre les inondations à un niveau local.

La Hochwassergemeinschaft Rhein considère que le prix 'Inondations' décerné trois fois au cours de la période couverte par le présent rapport et doté en 2005 d'une récompense de 10 000 euros est un instrument efficace pour maintenir à un haut niveau élevé la prise de conscience des populations au risque d'inondation, même en dehors des périodes de crue. L'appel de contributions et l'attribution du prix se sont accompagnés à chaque fois d'un travail de communication intense et de l'utilisation d'Internet.

La Hochwassergemeinschaft Rhin a également contribué à renforcer la prise de conscience du risque d'inondation en soutenant d'autres projets réalisés par des tiers (par ex. voyage en bateau « Mit der Pegellatte auf dem Rhein », exposition photographique « r(h)einFLUT »).

La Hochwassernotgemeinschaft Rhin a également participé à la création de partenariats au Bade-Wurtemberg, présenté ses travaux dans le cadre de plusieurs manifestations et

fait part de ses expériences. Elle a également travaillé sur d'autres bassins versants (Elbe, Danube).

Le Naturschutzbund Deutschland (NABU) a mis l'accent sur les objectifs du Plan d'action contre les inondations dans de nombreux exposés et manifestations et par le biais d'un travail médiatique ciblé. Il a notamment communiqué les opportunités et potentialités découlant de l'intégration systématique de la prévention des crues et de la restauration de l'écosystème du Rhin et de son milieu alluvial.

Des mesures de renaturation des cours d'eau sur le Neckar, la Lahn et sur de nombreuses petites rivières dans le bassin du Rhin ont été réalisées avec la participation du NABU. Le NABU a participé à huit projets modèles de renaturation de tronçons du Rhin dans le cadre du projet « Rhin vivant – fleuve des mille îles ». Le NABU a présenté des mesures exemplaires de redynamisation de tronçons de berge dégradés sur le Rhin dans le but de concilier la protection de la nature, la voie d'eau et la protection contre les inondations.

Enfin, le NABU a participé au projet INTERREG « Sustainable Development of Floodplains » (SDF) en préparant trois projets modèles sur l'élargissement local du profil d'écoulement et sur la suppression d'obstacles à l'écoulement.

Prenant pour devise « Plus d'espace pour le Rhin », le « Rheinkolleg » a œuvré au cours de différentes manifestations pour un renforcement de la prise de conscience du risque d'inondation. La réunion annuelle tenue en 2004 à Rotterdam a donné lieu à la mise au point de la brochure « Überleben an Strömen – Neues Denken im Umgang mit dem Rhein ». Le prix Rhénanie-Palatinat du « Rheinkolleg » décerné au niveau international s'articule autour de la prévention des crues. En 1999, la contribution récompensée présentait une vision dans laquelle les surfaces agricoles étaient transformées en un paysage de polders. Enfin, le « Rheinkolleg » a soutenu, par le biais de relations publiques, différents projets pilotes de prévention des crues, par exemple la construction d'une école avec prévention des crues intégrée ou la préservation et nouvelle conception de la zone inondable de Kamp-Bornhofen.

La *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)* a également contribué à renforcer la prise de conscience du risque d'inondation par le biais des séminaires sur les crues du Groupe de travail « Hydrologische Wissenschaften ».

6. Amélioration de l'annonce et de la prévision des crues

6.1 Coopération internationale et connexion des centres de prévision

La coopération des Etats et des Länder dans le cadre du système d'annonce et de prévision des crues pour le Rhin est réglée par des accords administratifs nationaux et internationaux. Sur le Rhin, ces travaux relèvent de la compétence des centres d'annonce et de prévision de la Suisse, des Länder allemands Bade-Wurtemberg et Rhénanie-Palatinat (avec la Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest) et des Pays-Bas. Ces centrales se retrouvent au moins une fois par an pour échanger leurs expériences, améliorer la chaîne de prévision commune, s'informer et ajuster les nouvelles évolutions.

Les centres de prévision dans le bassin du Rhin sont reliés par un système informatique et se fournissent le plus rapidement possible et de manière automatisée les données de mesure et de prévision dont ils ont besoin. La qualité de la coopération se traduit également par le perfectionnement commun des systèmes de prévision dans le cadre de différents projets.

6.2 Le système de prévision le long du Rhin et les temps de prévision

Pour garantir la meilleure prévision possible pour le Rhin, chacun des centres de prévision élabore des prévisions pour les bassins qui relèvent de son ressort sur la base de ses bonnes connaissances locales et de modèles et les transmet comme données d'entrée au centre situé en aval. Les temps de prévision que l'on peut obtenir avec fiabilité diminuent en général vers l'aval en raison des temps d'écoulement dans le Rhin.

La prolongation des temps de prévision de 100% d'ici la fin 2005, prévue dans le Plan d'action contre les inondations, a pu être atteinte, sachant toutefois que la fiabilité des prévisions baisse naturellement en fonction de l'augmentation du temps de prévision. Le tableau suivant présente pour quelques échelles du Rhin un aperçu des temps de prévision réalisables pour 1995, 2000 et 2005.

Tronçon du Rhin / échelle	Temps de prévision ¹⁾		
	1995	2000	2005
Haut Rhin / Bâle	72 h	72 h	72 h ²⁾
Rhin supérieur / Maxau	24 h	36 h	48 h
Rhin moyen / Andernach	24 h	36 h	48 h
Rhin inférieur / Lobith	48 h	72 h	96 h ³⁾
¹⁾ = Les informations sur la fiabilité des prévisions (temps de prévision prolongés) figurent au chapitre 6.4 ²⁾ = sur le haut Rhin, il n'était pas nécessaire de prolonger le temps de prévision ³⁾ = à partir de l'automne 2006			

L'objectif de prolongation du temps de prévision de 100% a été atteint en 2005 pour le tronçon allemand du Rhin ; il le sera dans le courant de 2006 pour le tronçon néerlandais. Toutefois, les centres de prévision soulignent que les prévisions de crue prolongées de 100% ne peuvent pas présenter la même fiabilité et précision que les prévisions effectuées jusqu'à présent avec des temps de prévision plus courts. Pourtant, les temps de prévision prolongés de 100% sont une information précieuse en situation de crue pour pouvoir estimer l'évolution du niveau des eaux.

Les systèmes de prévision ont été sensiblement perfectionnés pour que les prévisions prolongées dans le temps puissent être établies avec la plus grande fiabilité possible.

Tronçon du Rhin jusqu'à Bâle

Le modèle de prévision utilisé par l'Office fédéral suisse de l'Environnement pour le Rhin a été étendu aux bassins versants du Rhin alpin et aux lacs subalpins (y compris leur

manœuvre) et comprend à présent l'ensemble du bassin versant du haut Rhin. Le modèle tient compte non seulement de la subdivision en sous-bassins, mais aussi de différentes altitudes à l'intérieur des sous-bassins et de l'impact de la fonte des neiges dans ces zones. Les données d'entrée météorologiques dont tient compte le modèle de prévision sont les données mesurées pour les précipitations, la température de l'air, d'autres paramètres météorologiques et les prévisions correspondantes de Météo-Suisse et du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMET). Les prévisions de débit pour le haut Rhin sont actualisées tous les jours ouvrables en situation normale ; en situation de crue, la mise à jour est plus fréquente.

Tronçon du Rhin entre Bâle et Mannheim

Le centre de prévision des crues du Land fédéral allemand de Bade-Wurtemberg (HVZ) se base sur les prévisions suisses établies pour l'échelle de Rheinfelden et calcule les prévisions de débit pour tous les affluents du Rhin bade-wurtembourgeois ainsi que pour les affluents français importants. Pour le tronçon du Rhin entre Bâle et Mannheim, un système d'avertissement précoce en cas de crue a été opérationnalisé ; ce système permet d'estimer tous les jours les débits du Rhin à hauteur de Maxau et de Mannheim pour plusieurs jours sur la base de différentes prévisions météorologiques. Pendant une crue, les prévisions sont actualisées toutes les heures en se limitant au temps où la prévision est fiable ; par ailleurs, l'évolution est estimée sur 48 heures. Le système de prévision de l'HVZ a été ajusté à l'état d'aménagement actuel des mesures de rétention franco-allemandes sur le Rhin supérieur et actualisé conformément aux règlements de manœuvre internationaux.

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 écreteurs de crue doit être mentionné ici. En France, la protection des populations a été améliorée au niveau de l'organisation de l'annonce et de la prévision des crues. Il s'agit d'une réforme importante de l'organisation des services chargés de l'annonce et de la prévision des crues, de la modernisation des réseaux de mesures hydrométriques et météorologiques et des outils de calcul. Cette modernisation sera mise en œuvre à partir de 2006 et entraînera progressivement une meilleure communication avec le public au moyen des principaux médias. Elle devrait apporter son plein effet dans les prochaines années.

Tronçons du Rhin entre Mannheim et Emmerich

Le centre d'annonce des crues du Rhin (HMZ Rhin) géré en commun par le land allemand de Rhénanie-Palatinat et la Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest prend les prévisions de l'HVZ Bade-Wurtemberg comme base et poursuit les calculs vers l'aval jusqu'à la frontière néerlandaise. Toutes les prévisions régionales disponibles pour les affluents y sont intégrées. En situation de crue, les prévisions sont actualisées toutes les trois heures. Il est prévu, comme ceci a été décrit pour l'HVZ Bade-Wurtemberg, d'établir avec le système de prévision de l'HMZ Rhin à Mayence des prévisions sur plusieurs jours pour toutes les échelles du Rhin en aval de Mannheim jusqu'à la frontière néerlandaise (système d'avertissement précoce). On a commencé dans le courant de 2005 à mettre au point des modèles de prévision correspondants pour tous les bassins versants rhénans-palatins et pour tout le bassin de la Moselle. Ces modèles doivent être utilisés au quotidien et comme système d'avertissement en cas de crue dans ces bassins et de donnée d'entrée pour le modèle rhénan.

Tronçon du Rhin en aval d'Emmerich

Le centre de prévision néerlandais RWS-RIZA utilise la prévision établie par l'HMZ Rhin à Mayence pour l'échelle d'Andernach comme donnée d'entrée dans son système de prévision. Pour obtenir une prévision redondante sur quatre jours pour l'échelle de Lobith, on a mis au point un nouveau système de prévision flexible qui utilise les prévisions des centres situés en amont comme données d'entrée à différents endroits et

combine les méthodes de calcul hydrologiques et hydrodynamiques. Ce système est actuellement perfectionné pour pouvoir utiliser les prévisions météorologiques de différents services météorologiques nationaux ainsi que les prévisions d'ensemble du CEPMMT. Le nouveau système doit pouvoir établir des prévisions presque automatiquement. RWS-RIZA espère obtenir plus d'informations sur la précision des prévisions de crue à l'aide des prévisions météorologiques d'ensemble.

6.3 Amélioration des données d'entrée météorologiques pour le système de prévision sur le Rhin

L'amélioration des données d'entrée météorologiques est l'une des conditions primordiales à la prolongation de temps de prévision fiables en situation de crue. Les services météorologiques nationaux (entre autres Deutscher Wetterdienst, MétéoSuisse et KNMI) ainsi que le CEPMMT perfectionnent également sous cet aspect les modèles de prévision météorologique déjà utilisés. Il est également essentiel de disposer rapidement de données météorologiques actuelles comme paramètre d'entrée dans la prévision des crues.

On citera à titre d'exemple pour les services météorologiques susmentionnés les évolutions apportées au services météorologiques allemands (DWD). Ces évolutions se concentrent sur les projets suivants :

- Remplacer les stations pluviométriques par des stations automatisées avec télétransmission des données. Ce remplacement a déjà été effectué dans presque tout le bassin allemand du Rhin.
- Mettre à disposition des données de précipitation radar en temps réel. Ces données radar calibrées en ligne sont disponibles toutes les heures depuis janvier 2005, mais la qualité de ces données doit encore être améliorée.
- Développer un système de prévision des précipitations intégrant les mesures actuelles du radar de précipitation et permettant d'établir rapidement sur cette base des prévisions de précipitation à haute résolution spatiale. Un tel système de nowcasting sera opérationnalisé par le DWD en 2006
- Affinement spatial du modèle de fonte des neiges pour saisir plus précisément les conditions d'altitude dans les massifs moyens. Le projet a été soutenu financièrement par les centres de prévision allemands et a été opérationnalisé au cours de l'hiver 2004/2005 par le DWD.

Tous ces projets sont également très importants pour les Pays-Bas étant donné qu'ils permettent d'améliorer sensiblement les prévisions de débit.

6.4 Fiabilité des prévisions de crues

Lorsque les temps de prévision sont prolongés, la qualité de la prévision des crues dépend de plus en plus de la précision des prévisions de précipitations. La fiabilité d'une prévision de précipitation peut varier sensiblement selon les cas. Etant donné que les services météorologiques ne peuvent pas fournir d'informations en temps réel sur les erreurs dans l'espace, dans le temps et quantitatives des prévisions de précipitation, il n'est pas possible en cas de crue de donner d'indications absolument sûres sur la précision probable des prévisions de crue plus longues. Ces dernières sont toutefois une information importante en ce qui concerne les dangers en émanant et font partie des bulletins de crue.

Il n'est toutefois judicieux de prolonger le temps de prévision pour les crues que si la qualité et la fiabilité des prévisions ne passent pas au-dessous d'un certain seuil minimal. Ce seuil de fiabilité dépend des conditions régionales et ne peut être défini dans l'absolu. En pratique, on applique en général la procédure suivante pour présenter les incertitudes des prévisions de crue dues au prolongement des temps de prévision :

- Le centre de prévision suisse indique les incertitudes de la prévision de crues sous forme de fourchette. Cette fourchette comprend des valeurs estimées qui peuvent être dépassées (vers le haut ou vers le bas) selon les cas.
- Les centres de prévision allemands sur le Rhin subdivisent l'horizon de prévision en une zone fiable (« prévision des crues ») et une zone moins fiable (« Estimation de l'évolution future »). Les horizons respectifs sont déterminés par le biais de calculs du temps d'écoulement (en fonction des échelles) pour les ondes de crue du Rhin et de ses principaux affluents.
- Le centre de prévision néerlandais publie différentes valeurs de niveau d'eau pour chaque jour de prévision. Il est envisagé d'indiquer également à l'avenir une fourchette pour les niveaux d'eau objet de la prévision.

Cette méthode appliquée tient compte de l'utilisation et de l'importance des prévisions des inondations, qui varie fortement selon les régions, par exemple de la manœuvre des espaces de rétention sur le Rhin supérieur ou de l'avertissement précoce face à des situations difficiles dans le delta du Rhin.

6.5 Mise à disposition et utilisation des informations sur les crues

Les informations relatives aux crues pour le Rhin et ses affluents sont mises à la disposition des administrations compétentes en matière de gestion des eaux et des services de lutte contre les accidents majeurs, des populations concernées, des entreprises industrielles et commerciales ainsi que du grand public et des médias par différentes voies. Internet joue un rôle central dans la diffusion de l'information. Les sites Internet www.iksr.org et www.hochwasserzentralen.de permettent un accès international aux sites Internet détaillés des centres de prévision et d'annonce des crues sur le Rhin. Selon les besoins régionaux, les informations sur les crues sont également mises à disposition par le biais du télétexte, de services d'annonce téléphoniques, de services PAA, du fax et des bulletins de crue diffusés à la radio.

Selon le mode de diffusion, les informations comprennent des données actuelles sur les niveaux d'eau et les débits, des prévisions, des rapports de situation et des informations météorologiques. Ces informations contribuent largement à la prévention des crues et à la réduction des dommages et sont entre autres à la base des mesures suivantes (en fonction du niveau croissant de l'eau) :

- Coordonner les restrictions dues aux crues et rétablir la navigation
- Evacuer à temps les zones exposées au risque d'inondation (par ex. campings, caves et habitations exposées au risque, mise en sécurité de sites de production industrielle)
- Mettre en place de manière précoce les dispositifs mobiles de protection contre les inondations (par ex. fermeture des entrées portuaires et des portes de digues, installation de parois mobiles de protection)
- Assurer la manœuvre des dispositifs de rétention sur le Rhin supérieur entre Bâle et Bingen conformément aux critères définis au niveau international (y compris les critères de prévision)
- Procéder à des évacuations méthodiques avant d'arriver à une situation critique.

En regard des biens existant et des dommages potentiels rassemblés le long du Rhin, le système de prévision sur le Rhin est un instrument de réduction des dommages d'une valeur éminente.

7. Evaluation synthétique et perspectives

Les grandes crues du Rhin de 1993 et de 1995 ont motivé la CIPR à adopter en 12^{ème} Conférence ministérielle sur le Rhin le 22 janvier 1998 à Rotterdam le « Plan d'action contre les inondations ». Son objectif est de mieux protéger les personnes et les biens contre les inondations tout en promouvant la restauration du Rhin et de son milieu alluvial. Ce plan qui se décline en différentes étapes est mis en œuvre jusqu'en 2020 dans les Etats riverains du Rhin en aval du lac de Constance.

La présente **évaluation** permet de dresser un **bilan intermédiaire sur la mise en œuvre des quatre objectifs opérationnels mentionnés dans le plan d'action jusqu'en 2005** :

- (1) Réduire les risques de dommages dus aux inondations de 10 % d'ici 2005 et de 25 % d'ici 2020*
- (2) Réduire les niveaux de crue extrêmes jusqu'à 30 cm d'ici 2005 et jusqu'à 70 cm d'ici 2020 en aval du tronçon régulé (en aval de Baden-Baden).*
- (3) Renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation en établissant des cartes des risques pour 100 % des surfaces inondables et des zones menacées par les inondations d'ici 2005*
- (4) Améliorer le système d'annonce de crue : améliorer à court terme les systèmes d'annonce de crue par le biais d'une coopération internationale. Augmenter les délais de prévision de 100 % d'ici 2005.*

7.1 Evaluation

Le plan d'action contre les inondations se réfère à l'ensemble du bassin du Rhin. Pour atteindre les objectifs de ce Plan d'Action, les Etats du bassin versant ont mis en œuvre de multiples mesures listées dans le Plan d'Action contre les Inondations. Le tableau synoptique à la fin du présent chapitre montre que presque toutes les mesures ont pu être réalisées jusqu'en 2005 dans le cadre financier correspondant, conformément aux décisions prises.

(1) Réduire les risques de dommages dus aux inondations

Le **risque de dommages liés aux inondations** est fonction de l'ampleur et de la probabilité de dommages potentiels ; il est le produit des dommages potentiels et de l'occurrence d'une crue.

Deux facteurs sont décisifs pour pouvoir démontrer la réduction des risques de dommages liés aux inondations : la **modification des dommages potentiels** et la **modification de la probabilité d'inondation**.

La réduction de l'occurrence passe notamment par des mesures techniques de protection contre les inondations telles que la consolidation des digues et les mesures de rétention. Si la crue est nettement inférieure à la crue de référence (débit servant de base au dimensionnement de l'ouvrage de protection contre les inondations), il n'y a pas de dommage. Si elle est supérieure, l'inondation ne peut être évitée que si les mesures de rétention peuvent réduire le débit de manière à ce qu'il reste en deçà du débit de référence. En cas de surcharge (c'est-à-dire en cas de débits de crue nettement supérieurs au débit de référence), la réduction des risques de dommages passe obligatoirement par une réduction des dommages potentiels.

Les calculs font apparaître deux parties pour ce qui est de la **modification des risques de dommages** sur le Rhin ; **sur les tronçons du Rhin non endigués, les réductions**

sont plus importantes que sur les tronçons endigués. La meilleure mise en oeuvre des mesures de réduction des dommages potentiels dans les zones non endiguées tient essentiellement son origine dans la conscience plus prononcée du risque qu'ont les populations dans ces zones.

En résumé, les résultats se présentent comme suit :

Dans les **zones non endiguées**, la réduction souhaitée des risques de dommages est déjà atteinte du seul fait de la réduction des dommages potentiels. La réduction de la probabilité d'inondation obtenue par les mesures de réduction des niveaux d'eau contribue à faire baisser sensiblement le risque de dommages dans un ordre de grandeur de 25 à 30% en Allemagne. Sur le haut Rhin, il n'est pas possible de prendre de mesures de réduction des niveaux d'eau. C'est pourquoi on part du principe qu'en Suisse le risque de dommages diminue de 20 à 25% comme les dommages potentiels.

Sur les **tronçons endigués**, l'objectif est atteint lorsque les débits sont inférieurs au débit de référence ou sont dans cet ordre de grandeur. La réduction des risques de dommages est ainsi comprise entre 10 et 30%.

Sur les **tronçons endigués**, l'objectif n'est pas atteint en 2005 **lorsque les débits sont supérieurs au débit de référence (surcharge)**. Lorsque les débits sont extrêmes, les digues sont submergées, indépendamment de la réduction du niveau d'eau. 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 %, ceci s'expliquant par le fait que certaines mesures sont difficiles à appliquer dans les tronçons endigués et qu'elles sont en outre peu efficaces en cas de profondeurs d'inondation importantes.

(2) Réduire les niveaux de crue extrêmes

Il est possible de réduire les niveaux de crue d'une part en prenant diverses mesures sur le cours principal et en réalisant d'autre part différentes mesures de rétention des eaux et de restauration écologique sur l'ensemble du bassin du Rhin.

Les mesures visant à renforcer la rétention des eaux à la surface du bassin et les restaurations écologiques ont un impact plutôt local et régional sur les crues de petite et moyenne ampleur. Elles se traduisent toutefois simultanément par des améliorations de la qualité des eaux et des conditions écologiques à l'échelle globale d'un hydrosystème. Les mesures ayant pour but de renaturer des cours d'eau plus ou moins grands, de redonner aux rivières un espace de divagation plus large et d'enrichir la diversité morphologique du lit majeur, des berges et du lit mineur jouent un rôle majeur dans ce contexte.

Les espaces de rétention des crues mis en place directement sur le cours principal ont l'impact le plus important sur la réduction des niveaux de crue extrêmes du Rhin.

Cependant, l'impact de ces mesures de rétention prises au niveau du bassin reste assez faible sur les crues extrêmes du Rhin.

La réduction visée des niveaux de crue extrêmes sur le cours principal du Rhin jusqu'à 30 cm d'ici 2005 par rapport à 1995 n'est atteinte que sur le Rhin supérieur à hauteur de Maxau. Sur le Rhin moyen, cette réduction est d'env. 10 cm. Sur le Rhin inférieur et dans le delta du Rhin, les réductions d'amenuisent progressivement. En outre, ces réductions sur les quatre tronçons du Rhin ne sont pas atteintes pour chaque crue analysée.

L'impact des espaces de rétention déjà réalisés avant 1995, d'un volume de rétention de 110 millions de m³ au total, n'est pas pris en compte dans cette estimation.

(3) Renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation

Les cartes de l'aléa d'inondation et les cartes de risques d'inondation notamment se sont avérées être un très bon outil pour sensibiliser les populations étant donné qu'elles montrent à la population dans son ensemble et aux éventuelles personnes concernées le danger latent que présente une inondation et les éventuels dommages liés à l'inondation. L'aléa devient ainsi plus concret et plus compréhensible.

Les cartes de l'aléa d'inondation et les cartes de risques d'inondation montrent l'extension des hautes eaux en relation avec les profondeurs d'eau correspondantes ainsi que les personnes éventuellement menacées et les dommages susceptibles de se produire en cas de crue.

L'atlas du Rhin 2001 de la CIPR pour le cours principalement a fortement renforcé la prise de conscience du risque d'inondation. Il comprend les cartes de l'aléa d'inondation et les cartes de risques d'inondation depuis l'écoulement du lac de Constance jusqu'à la mer du Nord au 1/100.000ème. Il a incité les responsables au niveau des régions et des municipalités à élaborer des ouvrages cartographiques plus détaillés pour leurs propres objectifs. D'autres cartes de l'aléa d'inondation et cartes des risques d'inondation ont déjà été mises au point pour quelques affluents et/ou sont encore en cours d'élaboration.

Sans renforcement notable de la prise de conscience du risque d'inondation chez les personnes concernées et dans la population, il n'est pas possible de réduire les risques de dommages de manière efficace.

Le maintien de la conscience du risque d'inondation et la réduction des risques de dommages sont une tâche permanente.

(4) Améliorer le système d'annonce des crues

Des centres de prévision des crues fonctionnels et des systèmes de prévision des crues par bassin sont des instruments indispensables pour une prévention des crues efficace.

La coopération entre les centres d'annonce et de prévision des crues sur le Rhin a fortement été intensifiée depuis 1995 et la coordination améliorée. L'échange continu d'expériences permet d'améliorer plus encore la chaîne commune de prévisions sur le Rhin et de développer les modèles techniques et les voies de communication.

L'augmentation des délais de prévision de 100 % d'ici 2005 a été atteinte. Les prévisions n'ont cependant pas le même degré de fiabilité que celui des prévisions initiales à plus court terme. Les temps de prévision augmentés de 100% constituent toutefois une information précieuse en situation de crue.

Pour améliorer la fiabilité des prévisions de crue prolongées, il est avant tout nécessaire d'améliorer plus encore les prévisions de précipitations et de fonte des neiges.

7.2 Perspectives 2020

Les mesures définies en 1998 pour la mise en oeuvre du Plan d'Action contre les inondations ont presque toutes été réalisées jusqu'en 2005 dans les Etats riverains du Rhin. Comme présenté ci-dessus, il n'a cependant pas été possible d'atteindre complètement les quatre objectifs opérationnels du Plan d'Action contre les Inondations. Il convient donc à l'avenir d'exploiter toutes les mesures supplémentaires connues.

Il est présumable que les changements climatiques entraîneront à l'avenir des débits plus élevés en hiver et plus faibles en été. La mise en oeuvre des objectifs du Plan d'action est donc encore plus importante.

Réduction des risques de dommages dus aux inondations

Eu égard à l'exigence d'une réduction de 25% des risques de dommages d'ici 2020, il est manifeste que le processus de mise en œuvre accuse un déficit très important et que des mesures supplémentaires s'imposent. Toutes les mesures pouvant concrètement contribuer de manière efficace à réduire les risques de dommages devraient être prises, vu qu'il sera difficile d'atteindre l'objectif opérationnel à l'horizon 2020.

Pour appuyer la mise en œuvre dans les délais impartis du Plan d'action contre les inondations, il est important de vérifier à intervalles réguliers l'évolution des risques de dommages potentiels sur le cours principal du Rhin. On soulignera que les risques de dommages seraient encore plus élevés sans les mesures appliquées entre-temps pour abaisser les niveaux de crue extrêmes.

En combinaison avec ces tâches nécessaires de sensibilisation et d'information, il est particulièrement important de disposer de systèmes efficaces de lutte contre les risques majeurs et de protection civile dans les zones endiguées. Les mesures consistant à restreindre les usages et à protéger les bâtiments sont difficilement applicables du fait du niveau de protection élevé qu'offrent les digues en place et sont en outre sans efficacité en présence de grandes profondeurs d'inondation. On recommande cependant de mettre en œuvre ces mesures en toute occasion possible. Les effets d'instruments juridiques correspondants existant dans certains Etats ne seront toutefois ressentis qu'à long terme. Dans la planification des mesures d'urgence, il conviendrait d'intégrer la planification et 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. Les mesures mentionnées constituent des éléments essentiels d'une gestion ciblée du risque d'inondation, tels qu'ils figurent dans la future directive communautaire relative à l'évaluation et à la gestion des inondations.

Réduction des niveaux de crue extrêmes

Il est probable que la réduction visée des niveaux de crue extrêmes jusqu'à 70 cm en aval du tronçon régulé du Rhin supérieur ne pourra être atteinte d'ici 2020 avec les mesures prévues à l'heure actuelle.

Pour tirer profit de toutes les opportunités, il est indispensable que les programmes adoptés visant à créer des espaces de rétention sur le Rhin supérieur et le Rhin inférieur ainsi que le programme « Espace pour le fleuve » aux Pays-Bas soient appliqués intégralement et rapidement. Il est donc important d'examiner l'impact des mesures actuellement prévues sur les objectifs du Plan d'action.

En vue de réduire les niveaux de crues extrêmes – ceci d'autant plus que le risque lié aux crues pourrait s'aggraver du fait du changement climatique -, il faudrait envisager de prendre les mesures suivantes :

- Examiner toutes les possibilités envisageables pour des espaces de rétention supplémentaires sur le Rhin
- Vérifier si des dispositifs de rétention jusqu'à présent non manœuvrables peuvent opérer sous forme manœuvrable à l'avenir et mieux contribuer ainsi à réduire les crues extrêmes.
- Plus d'espace pour le fleuve sur des surfaces inondables encore existantes ou potentielles
- Désigner des espaces réservés en cas de crue extrême

Sensibilisation renforcée au risque d'inondation

Il convient de sensibiliser durablement les populations exposées au risque d'inondation. La question des « inondations » doit donc rester d'actualité dans l'esprit du grand public au travers des médias et au moyen d'actions concentrées sur différents points forts et s'adressant à différents groupes ciblés.

Toutes les formes de diffusion et d'information sont à mettre à profit : aide-mémoire, soirées de discussion dans les quartiers exposés au risque d'inondation, ateliers et films

sur la thématique des inondations, promenades éducatives, projets dans les écoles, journées de sensibilisation organisées en coopération avec les organisations de sauvetage, matériel didactique, sites d'information sur internet affichant le niveau actuel des eaux et les prévisions, cartes des aléas d'inondation (à l'échelle des parcelles) distribuées sous forme de cédérom, de brochure ou accessibles sur internet etc. La participation du public requise au titre des directives communautaires permet également de renforcer la prise de conscience du risque d'inondation.

Amélioration du système d'annonce de crue

Un des objectifs visés des centres de prévision des crues est celui consistant à minimiser et à estimer au préalable la marge d'incertitude des prévisions, notamment de celles aux délais prolongés. A l'avenir, on fera également appel à des prévisions de précipitations de différents modèles météorologiques ainsi qu'à des scénarios météorologiques (prévisions d'ensemble).

La mise au point d'un système d'avertissement précoce en cas de crue pour le Rhin par les centres de prévision nationaux, combinée à des prévisions de précipitations plus précises, permettrait d'estimer plusieurs jours avant la crue l'ordre de grandeur de la hausse attendue des niveaux d'eau. Les centres de prévision nationaux sur le Rhin visent à développer un système d'avertissement précoce pour le Rhin.

7.3 Conclusions

Presque toutes les mesures qui étaient prévues dans le Plan d'action contre les inondations à l'horizon 2005 ont été réalisées. Il est prouvé qu'elles ont des impacts positifs.

Les quatre objectifs opérationnels du Plan d'Action contre les Inondations n'ont toutefois pas pu être intégralement atteints jusqu'en 2005.

Il n'est pas sûr actuellement que les objectifs opérationnels puissent être atteints à l'horizon 2020 avec les mesures déjà fixées. Il faut donc examiner si les efforts et les mesures prises jusqu'à présent suffisent pour atteindre les objectifs opérationnels définis à l'horizon 2020. Il convient donc d'analyser ce qui pourrait être fait en plus pour atteindre les objectifs. Une étude de faisabilité doit permettre d'apporter réponse à cette question.

Dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'Action contre les inondations, il faudra veiller de manière renforcée à mettre en avant à l'avenir l'approche de gestion intégrée ancrée dans le programme pour le développement durable du Rhin et faisant ressortir les liens entre les mesures de restauration écologique, la prévention des crues, les eaux de surface et les eaux souterraines, du fait des interactions et interdépendances multiples existant entre ces différents types d'actions.

Le Plan d'Action contre les inondations est à actualiser à partir des résultats de l'étude de faisabilité, du Programme Rhin 2020 et des dispositions de la directive communautaire sur les inondations.

En outre, les changements climatiques étant susceptibles de se traduire à l'avenir par des débits plus élevés en hiver et plus faibles en été, la mise en œuvre des objectifs du Plan d'action contre les inondations apparaît encore plus urgente que par le passé.

La mise en œuvre des objectifs opérationnels du Plan d'action contre les inondations est une tâche permanente. On ne pourra réduire les risques de dommages qu'en informant les personnes concernées, c'est-à-dire en maintenant en éveil la conscience du risque. Si les mesures déjà prises ne sont pas renforcées et complétées par des règles

d'urbanisation et d'occupation des sols dans les différents Etats, les objectifs opérationnels ne pourront très vraisemblablement pas être atteints.

ELEMENTS ESSENTIELS A RETENIR

- (1) Presque toutes les mesures prévues dans le Plan d'Action contre les Inondations jusqu'en 2005 ont été réalisées dans le cadre financier correspondant.
- (2) La modification des risques de dommages met en relief deux zones distinctes sur le Rhin : sur les tronçons non endigués, les réductions sont plus importantes que sur les tronçons endigués.
- (3) Les espaces de rétention des crues mis en place directement sur le cours principal ont l'impact le plus important sur la réduction des niveaux de crue extrêmes du Rhin.
- (4) La réduction visée des niveaux d'eau en situation de crue extrême sur le cours principal du Rhin jusqu'à 30 cm d'ici 2005 par rapport à 1995 n'est atteinte que sur le Rhin supérieur à hauteur de Maxau. Sur le Rhin moyen, cette réduction est d'env. 10 cm. Sur le Rhin inférieur et dans le delta du Rhin, les réductions d'amenuisent progressivement.
- (5) Les cartes des aléas et des risques d'inondation (cf. atlas rhénan 2001 de la CIPR) renforcent la conscience du risque et sont un excellent outil de communication. Dans les zones menacées, ces cartes devraient faire ressortir les unités foncières concernées et être facilement accessibles au public.
- (6) Des centres de prévision des crues fonctionnels et des systèmes de prévision des crues par bassin sont des instruments indispensables pour une prévention des crues efficace.
- (7) L'augmentation des délais de prévision de 100 % d'ici 2005 a été atteinte. Les prévisions n'ont cependant pas le même degré de fiabilité que celui des prévisions initiales à plus court terme.
- (8) Il est présumable que les changements climatiques entraîneront à l'avenir des débits plus élevés en hiver et plus faibles en été. La mise en oeuvre des objectifs du Plan d'action gagne de ce fait en importance.
- (9) Comme il apparaît peu probable que les mesures prévues d'ici 2020 suffisent pour atteindre les objectifs opérationnels, il est nécessaire de réaliser une étude de faisabilité. Cette étude de faisabilité devra mettre en évidence ce qui peut être fait en plus pour l'atteinte des objectifs.
- (10) L'amélioration de la prévention des crues est une tâche permanente qui invite tous les acteurs à agir de manière intégrée et solidaire à l'échelle du bassin. Les personnes concernées doivent se transformer en acteurs.

Plan d'action contre les inondations 'Rhin'
Exposé des mesures et mise en œuvre jusqu'en 2005

Catégories de mesures	Mesures		Dépenses	
	Visées	Réali-sées	Estimées millions d'euros	Réali-sées millions d'euros
(1) Rétention des eaux dans le bassin du Rhin				
Renaturer les cours d'eau (km)	3.500	> 2420	340	> 589
Redynamiser les zones inondables (km ²)	300	> 200	750	
Extensifier l'agriculture (km ²)	1.900	> 4570	440	> 773
Développer la nature, reboiser (km ²)	1.200	> 925	237	
Promouvoir l'infiltration des eaux pluviales (km ²)	800	60	615	510
Mettre en place des dispositifs techniques de rétention des crues (millions de m ³)	26	41	333	300
(2) Rétention des eaux dans le corridor fluvial				
Redynamiser les zones inondables (km ²)	20	33	385	260
Mettre en place des dispositifs techniques de rétention des crues (millions de m ³)	68	60	290	244
(3) Protection technique contre les inondations				
Protection technique des digues (km), adapter les digues au niveau de protection général et local	815	1160	1090	1670
(4) Mesures de prévention pour la phase de planification				
Effectuer un travail de sensibilisation			38	89
Etablir des cartes des aléas et des risques				
(5) Prévision des crues				
Prolonger les temps de prévision	100%	100%	12	6,2
Améliorer les systèmes d'annonce				
Total			4.530	> 4.445

Annexe 1 Liens Internet relatifs à la protection contre les inondations

Informations générales sur la protection contre les inondations

Commission Internationale pour la Protection du Rhin www.iksr.org

Ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité Nucléaire
http://www.bmu.de/fb_gew/

Bundesumweltamt (Office fédéral allemand de l'environnement)
http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/hw_start.htm

Commissions Internationales pour la Protection de la Moselle et de la Sarre
www.iksms.de

Protection contre les inondations et prévention des crues au Bade-Wurtemberg
www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de

Protection contre les inondations en Bavière
www.hap-main.bayern.de
www.bayern.de/lfw/iug

Protection contre les inondations en Rhénanie-Palatinat
www.wasser.rlp.de (Inondations)
www.sgdsued.rlp.de (Actualités/Crues)

Zones inondables et protection contre les inondations en Sarre
<http://www.lua.saarland.de>
<http://www.umwelt.saarland.de>

Protection contre les inondations en Suisse
<http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/>

Centres de crues

Centres de crues en Allemagne et dans les Etats voisins
www.hochwasserzentralen.de

Données hydrologiques et prévisions des débits en Suisse
<http://www.hydrodaten.admin.ch/d/>

Prévision des crues et centres de prévision sur le Rhin
www.iksr.org

Cartes de l'aléa d'inondation

Transnational Internet Map Information System
www.timisflood.de

Cartes de l'aléa d'inondation pour le Rhin et le Main en Hesse
www.rp-darmstadt.hessen.de (Umwelt & Verbraucher/Gewässer-/Bodenschutz/Hochwasserschutz)

Atlas des zones inondables dans le bassin versant de la Moselle
www.gefahrenatlas-mosel.de

Cartes de l'aléa d'inondation pour le Bade-Wurtemberg
www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de

Partenariats en matière de crue

Hochwassernotgemeinschaft Rhein
www.hochwassernotgemeinschaft-rhein.de

Partenariats en matière de crues au Bade-Wurtemberg
www.wbw-fortbildung.de

Projets de développement

Mise au point d'un système d'information et de communication sur les crues
Système d'information et d'avertissement (FLIWAS)
www.noah-interreg.net

Sustainable Development of Floodplains (SDF)
www.sdfproject.nl

Sensibilisation au risque d'inondation

Rhin vivant – le fleuve des mille îles
www.lebendiger-rhein.de

Espace pour le fleuve
www.ruimtevoorderivier.nl

Nederland leeft met water (Les Pays-Bas vivent avec l'eau)
www.nederlandleeftmetwater.nl

Formation

Séminaires sur les crues du Groupe technique « Hydrologische Wissenschaften »
www.fghw.de

Site Internet de Sponge

Site Internet d'IRMA