

Préparé pour :

**Etablissement Public Loire**

## **Point de vue extérieur sur la gestion des inondations en Loire moyenne**

Jos Dijkman, Rob Maaten

Rapport - Août 2006

Traduction DYNACOM/EP Loire

Version anglaise en ligne sur le site [www.eptb-loire.fr](http://www.eptb-loire.fr)

## Résumé

### Contexte et objectif de ce rapport

Le rapport '*Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d'inondation par les crues fortes en la Loire moyenne*' a été produit en juin 1999 par l'équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

Dans le cadre du projet européen 'Freude am Fluss', une équipe d'experts internationaux a visité la Loire moyenne en Octobre 2004. Cette équipe a rédigé un rapport sur la protection contre les crues le long de la Loire comprenant un certain nombre de recommandations. Avec ce rapport comme point de départ, l'Établissement Public Loire (EP Loire) a souhaité obtenir des conseils plus spécifiques sur la manière de gérer les inondations et a demandé à Delft Hydraulics d'étudier cette question.

L'objectif de ce rapport est d'apporter des conseils sur la mise en œuvre de la stratégie de gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Il essaie d'être clair sur les options disponibles et le type de mesures devant être prises, et apporte des suggestions concernant l'ordre dans lequel les mesures devraient être prises pour mettre en œuvre la stratégie. Ce rapport a également pour but de contribuer à la préparation du Plan Loire Grandeur Nature pour la période 2007/2013, dans le cadre du projet 'Freude am Fluss'.

**Il doit être souligné que ce rapport n'est qu'un petit pas dans un long processus de gestion du risque d'inondation dans le Bassin de la Loire. Un rapport comme celui-ci n'est en aucun cas suffisant pour obtenir une vision détaillée des divers problèmes de développement, pour supprimer les avis divergents concernant les questions complexes existant dans le bassin et pour élaborer un plan intégré, prêt à être mis en œuvre. Il ne peut que contribuer au processus de prise de décision, et c'est ce qui a été souhaité avec ce "point de vue extérieur".**

De nombreux types de mesures peuvent être appliqués dans le cadre de la gestion des inondations. Cette gestion a pour but d'atténuer les dommages causés par les crues. Il est donc nécessaire de considérer non seulement les mesures qui réduisent la probabilité d'inondation, mais également celles qui visent à réduire les dommages causés par les crues.

En conséquence, une distinction doit être établie entre les **mesures structurelles** et les **mesures non structurelles**. Dans ce rapport, les mesures non structurelles sont définies comme étant des mesures qui modifient la sensibilité aux inondations, comme l'aménagement de bassins versants, les techniques de protection contre les crues, l'annonce des crues, l'aménagement du territoire et les réglementations associées, etc.

Les mesures structurelles sont définies comme des mesures telles que les barrages, les réservoirs, les digues, les dérivations, les bassins de retenue, la suppression des obstacles hydrauliques, etc.

Une récente évaluation détaillée de nombreuses mesures structurelles potentielles pour le Rhin et la Meuse a donné une évaluation d'ensemble de l'efficacité de ces différents types de mesures.

Sa conclusion globale est que les mesures structurelles les plus efficaces concernant la gestion des crues sont de loin celles qui permettent de retenir provisoirement une certaine quantité d'eau, comme les vals le long de la Loire. Cette mesure offre l'effet le plus élevé pour chaque euro investi par rapport à tous les autres types de mesures. Nous en concluons que l'utilisation de vals le long de la Loire est la mesure structurelle la plus efficace en terme de gestion des crues. Les autres mesures, notamment la fermeture et l'élévation des digues sur toute leur longueur, sont moins efficaces. La sagesse de la stratégie de gestion des crues de la Loire est ainsi soulignée. Il y a cependant une condition importante pour que ce système de gestion des crues *reste* efficace dans le temps. Cette condition est de limiter fortement les aménagements dans les vals, notamment l'aménagement de nouveaux logements et de nouvelles entreprises, et de réduire les dommages causés aux logements et aux entreprises existants avec des mesures de protection contre les crues. De cette manière, un nouveau type d'aménagement doit être étudié, en particulier pour les vals.

Au 20<sup>e</sup> siècle, il n'y a pas eu de débits élevés, ce qui a entraîné un faux sentiment de sécurité, une sensibilisation moindre à la menace d'inondations et une attention moindre concernant l'entretien des infrastructures. Cela a également abouti à un développement important de logements et d'entreprises dans les vals. C'est dans ce contexte que le rapport de 1999 a été élaboré. Ce plan maintient essentiellement le système de vals. Ce choix est globalement judicieux. La confiance accordée à une série de vals est le meilleur choix global qui a été effectué au 19<sup>e</sup> siècle, et est toujours le meilleur choix actuellement. Cependant, il est possible qu'à un niveau *local*, d'autres types de mesures méritent plus d'attention dans le plan.

## Stratégie de gestion des inondations en Loire moyenne

Le plan de 1999 n'est pas seulement axé sur les mesures techniques traditionnelles comme la construction de réservoirs et de digues, mais il prend également en considération des options visant à réduire la vulnérabilité des biens aux inondations, à améliorer la sensibilisation aux risques d'inondation, tout en préservant le milieu fluvial naturel et ses valeurs paysagères, historiques et culturelles. L'objectif global de la stratégie est de protéger les personnes et de limiter les dommages causés par les crues. En d'autres termes : la stratégie a pour but de réduire les risques d'inondation, en réduisant la fréquence des inondations et les dommages causés par une inondation.

La stratégie globale proposée en 1999 se compose de quatre composantes, chacune comprenant un ou plusieurs éléments :

1. la définition d'une base pour les mesures à long terme, comprenant des améliorations en matière de prévision des crues et de gestion des crises ; la recherche de moyens pour un aménagement durable dans les zones inondables ; la sensibilisation aux risques d'inondation ; et l'entretien régulier du lit du fleuve et des digues de la Loire ;
2. les améliorations du système de protection par levées et déversoirs, c'est-à-dire l'homogénéisation des points bas sur les levées ; le renforcement des pieds de levées en contact avec le lit mineur et la protection des enjeux fréquemment et fortement inondés ;

3. la construction de nouveaux déversoirs de sécurité ;
4. la réalisation, une fois les mesures précédentes mises en œuvre, de l'ouvrage du Veurdre pour écrêter les pointes de crues.

Il est entendu que même si cette stratégie améliore nettement la situation actuelle de gestion des crues, elle ne peut pas garantir une protection *complète* contre les crues, dans laquelle il n'y aurait jamais dans le futur de dommages causés par les crues. Une protection absolue n'est pas possible, et il subsistera toujours des risques d'inondation. Bien évidemment, il s'agit de savoir si la stratégie équilibre correctement ou non les coûts d'investissements par rapport aux avantages de la gestion améliorée des inondations.

Comme point de départ de la discussion sur la stratégie, nous appuyons fortement son fondement, à savoir la prise de conscience qu'il n'est pas possible de maîtriser toutes les crues. Par ailleurs, il est évident que les enjeux sont importants et qu'il y a une pression sociale significative pour développer les vals, en augmentant ainsi les dommages potentiels causés par les crues.

La stratégie repose sur le fait qu'en cas de crue sur le fleuve, le système des vals fonctionnera de manière à ce que les vals soient progressivement inondés. La stratégie vise à développer davantage ce système de gestion des crues. C'est un choix judicieux. Nous souhaiterions ajouter que le système de gestion des inondations de la Loire est un parfait exemple de la gestion des crues le long de nombreux cours d'eau (sinon la plupart) en Europe.

Les domaines d'application des études menées pour étayer la stratégie sont complets : l'hydrologie et l'hydraulique ont été étudiées en détail et des évaluations détaillées ont été réalisées sur les dommages potentiels causés par les crues, les aspects écologiques, etc. Des sociétés de grande renommée ont réalisé les études, des modèles hydrodynamiques ont été appliqués, et nous pensons que ces études sont d'une qualité élevée.

Les mesures proposées dans la stratégie couvrent la totalité des aspects, allant de l'amélioration de la sensibilisation des habitants, aux mesures d'entretien, aux ouvrages de protection, en passant par des protections locales. Cette série de mesures garantit un équilibre dans la gestion future des inondations. Si tous les efforts devaient être concentrés sur seulement une ou deux de ces trois composantes principales, un déséquilibre dans la gestion future des inondations pourrait quasiment être garanti. Ce déséquilibre apparaîtrait en particulier dans le cas où la 'base des mesures à long terme' ne serait pas mise en œuvre en priorité et où d'autres mesures devraient être mises en œuvre avant ou au lieu de cette base.

Le plan aboutira à une protection contre des dommages substantiels causés par les crues, et à un niveau de protection de 1/200 par an dans les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion, dans lesquels se trouvent 75 % des dommages potentiels le long de la Loire moyenne. Pour les autres vals, le niveau de sécurité est inférieur, comme par exemple celui de Gien, qui subit déjà des dommages causés par des inondations pendant une crue de 1/50 par an. Il est moins évident de savoir s'il s'agit d'un niveau de protection optimal ou non. On pourrait se demander pourquoi ne pas réaliser un niveau de protection supérieur pour certains vals ou pourquoi ne pas cibler un niveau de sécurité inférieur pour d'autres vals.

Un autre point de vue concernant la question des niveaux de sécurité consiste à observer que la topographie de la Loire moyenne est telle qu'il est très probablement impossible d'atteindre finalement des niveaux de sécurité considérablement plus élevés, même si des investissements majeurs en termes d'infrastructure étaient effectués. L'augmentation du niveau de sécurité général en élevant toutes les digues ne semble pas réalisable. Les nombreux ponts (historiques dans une grande mesure) qui traversent le fleuve constitueraient un obstacle à cette stratégie car ils constitueraient un goulot d'étranglement pour des débits fluviaux plus élevés, contenus entre les digues. Ce point peut être un argument important pour que les diverses communautés vivant le long du fleuve soient très vigilantes concernant les aménagements ultérieurs dans les vals : ces aménagements augmenteront le potentiel de dommages, alors qu'une réduction substantielle des probabilités d'inondation est quasiment impossible à obtenir.

Globalement, le plan identifie deux niveaux de sécurité pour la Loire moyenne, le niveau le plus élevé (1/200 par an) étant retenu pour les vals présentant le potentiel de dommages le plus élevé. D'un point de vue général, cette distinction des niveaux de sécurité semble être un choix judicieux. Cependant, des efforts considérables peuvent être et seront probablement nécessaires avant que les parties prenantes dans les vals les moins protégés acceptent entièrement cette différenciation des niveaux de sécurité, même si la situation géographique et historique de la protection contre les crues devrait aider à cette acceptation.

Le classement des mesures avec la priorité la plus élevée est le suivant : (1) donner une impulsion à l'aménagement durable ; (2) restaurer une culture de sensibilisation aux risques ; (3) définir des améliorations pour la gestion des crises ; (4) gérer le déversement en sécurité des digues, afin de prévenir la formation non contrôlée de brèches ; (5) classer par ordre de priorité les améliorations des sites présentant des inondations très fréquentes et graves ; (6) améliorer la stabilité des digues existantes ; et (7) aménager le site du Veurdre. Cette définition des priorités nous semble logique. On peut noter que cette liste de mesures prioritaires n'est pas très spécifique à chaque mesure. Par exemple, il n'est pas précisé pour quels emplacements exacts les mesures sont proposées. Ce manque d'information spécifique peut entraver l'acceptation du plan et/ou empêcher sa mise en œuvre. Le plan correspondant à la période courant jusqu'en 2013, qui sera établi en 2006, devrait aborder ce point. Il devrait également expliciter pourquoi l'aménagement du barrage du Veurdre n'est pas classé dans les priorités.

### **Mesures pouvant éventuellement être envisagées dans le plan de gestion des inondations en la Loire moyenne**

L'acceptation totale du plan par l'ensemble des parties prenantes est essentielle pour sa mise en œuvre sans difficultés. Un des éléments nécessaires à l'obtention de cette acceptation repose sur le fait que tous les particuliers, toutes les associations ou les acteurs publics opposés au plan ou à une seule composante du plan, chercheront des réponses à leurs idées de mesures alternatives. Il est recommandé que dans le processus futur visant à identifier une politique générale, des informations soient également fournies sur les mesures alternatives possibles. Une suggestion concernant une mesure alternative doit être prise en considération et suivie par une analyse approfondie de ses effets positifs et négatifs. Lorsque cette explication indique clairement pourquoi une idée a de nombreux inconvénients, pourquoi une mesure ne peut pas être mise en œuvre ou pourquoi elle est excessivement

coûteuse, cette idée ne sera plus soulevée ensuite dans les discussions concernant la mise en œuvre du plan.

C'est dans ce contexte et cet esprit que ce rapport présente des suggestions concernant des mesures alternatives susceptibles d'être traitées dans le but d'aborder la gamme complète de mesures possibles dans le processus de planification. Globalement, on n'attend pas de miracles de ces mesures alternatives, même s'il est possible d'identifier de nouvelles mesures qui s'avèreraient prometteuses et acceptables par l'ensemble des parties prenantes. La raison pour laquelle il est suggéré d'examiner ces mesures alternatives est que cela permette de fournir les informations nécessaires aux participants aux discussions sur le plan, afin de les convaincre des raisons pour lesquelles telle ou telle mesure est une bonne idée ou non.

### **Vers une politique générale de gestion des inondations le long de la Loire moyenne**

À ce stade, il semble y avoir un accord entre toutes les parties prenantes concernant la stratégie de gestion des inondations de la Loire moyenne, en particulier pour les mesures planifiées pour la période allant de 2001 à 2006. Pour la période allant de 2007 à 2013, il n'y a pas encore d'accord sur les mesures à prendre exactement et le moment où elles doivent l'être. Les difficultés rencontrées reposent sur le sentiment que les composantes du plan sont trop nombreuses et qu'un accord sur les priorités n'a pas encore été conclu. Par ailleurs, un plan détaillé expliquant comment faciliter et maîtriser la mise en œuvre du plan n'est pas encore disponible.

Il est proposé certaines suggestions ci-après en vue de parvenir à définir une telle politique générale.

### **Préciser les objectifs de gestion des inondations**

Des objectifs opérationnels clairs et acceptés sont une nécessité absolue pour qu'un plan de gestion des inondations soit accepté par toutes les parties prenantes. Le terme 'clairs' désigne des 'objectifs opérationnels', c'est-à-dire des objectifs qui peuvent être utilisés par les analystes et les parties prenantes pour déterminer si une mesure individuelle ou une stratégie (combinaison de mesures) permettra réellement ou non de respecter tout ou partie des objectifs de la gestion des inondations.

Il se peut que le plan de 1999 ait eu pour objectif *implicite* d'atteindre un certain niveau de protection (fréquence des inondations) pour chaque val, sur la base de ce qu'on considère être une fréquence d'inondation acceptable pour les zones principalement rurales, les zones industrielles et les zones urbaines. Ce plan de 1999 peut également être interprété d'une autre manière : par sa mise en œuvre il aboutira à une protection contre des dommages substantiels causés par les crues avec un niveau de protection de 1/200 par an dans les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion. Si le plan est compris de cette manière, ce niveau de protection est alors le *résultat* de l'ensemble des mesures et ne s'est pas fixé d'objectif avant que les mesures ne soient sélectionnées. Quiconque lit le rapport de cette manière et considère que ces niveaux de protection découlent de mesures et non d'objectifs, pourrait lancer une discussion prolongée sur l'ensemble des mesures sélectionnées. Nous suggérons

par conséquent de spécifier clairement les objectifs qui ont été définis avant que les mesures ne soient sélectionnées, et de chercher à parvenir à des accords avec les parties prenantes sur ces objectifs. Un accord avec les parties prenantes sur ceux-ci devrait permettre, d'obtenir presque directement un accord sur les mesures à inclure dans le plan et sur leur ordre de priorité.

### **Comment communiquer sur les probabilités d'inondation vers le grand public ?**

Le grand public ne comprend souvent pas complètement les discussions sur les probabilités d'événements exceptionnels comme les crues, et cette incompréhension contribue à un sentiment limité de l'urgence de l'action. Le sentiment dominant semble être que les 'crues appartiennent au passé' et 'que leur probabilité est si faible que nous n'avons pas à nous inquiéter'. Un facteur qui semble expliquer ce sentiment est que le grand public a des difficultés à appréhender les faibles probabilités, même si les conséquences peuvent être importantes. Cette difficulté est à son tour liée à la manière dont les autorités et les experts concernés discutent des inondations. Les rapports et les brochures sur le plan de gestion des inondations présentent les probabilités d'inondation en termes de périodes de récurrence : les crues avec une période de récurrence de 100 ans, etc. Il est évident pour les experts que ceci ne doit pas être interprété comme signifiant 'la prochaine crue aura lieu dans 100 ans', mais de nombreuses personnes interprètent les périodes de récurrence de cette manière. Il est suggéré de ne plus utiliser le terme de période de récurrence et d'utiliser à la place la probabilité qu'une certaine crue puisse apparaître pendant une vie de 80 ans. Une crue avec des périodes de récurrence de 100 ans devra alors être formulée comme étant 'une crue avec une probabilité d'apparition de 55 % au moins une fois dans sa vie'. La formulation des probabilités de cette façon pourrait sans doute aider à mieux comprendre le risque d'inondation par rapport aux autres risques.

### **Communication avec le grand public**

Les processus de planification et de prise de décision nécessitent que les informations soient mises à la disposition de toutes les parties impliquées dans le processus. En raison du grand nombre de parties prenantes dans la gestion des inondations le long de la Loire, des efforts explicites sont nécessaires pour informer le grand public. Cette communication ne doit pas se limiter uniquement aux personnes vivant et/ou travaillant dans les vals, mais inclure *toutes* les parties prenantes, y compris celles qui ne vivent et/ou ne travaillent pas dans les vals.

Cette information ne concerne pas seulement le résultat des études mais également les informations de base utilisées dans le processus de planification. La manière dont les conclusions sont établies doit également être présentée au public. Nous sommes persuadés que les pouvoirs publics sont relativement actifs dans le domaine de la communication mais cela ne semble pas être suffisant pour lancer le processus. Les expériences dans d'autres sites indiquent que ce flux d'informations peut non seulement satisfaire le besoin de connaître le contexte de certaines mesures proposées, mais également être très important pour la compréhension et l'approbation de ces mesures.

La mise à disposition des informations au grand public est une chose, mais l'implication active du public dans le processus de planification en est une autre. Pour recueillir les idées du grand public sur les mesures possibles, l'autorité chargée de la planification peut stimuler activement le public pour qu'il ait des idées. Cette collecte revêt deux aspects : non seulement il y a une possibilité que des idées relativement faisables soient soumises, mais il doit également être admis que la collecte active d'idées auprès des parties prenantes permettra d'éviter des discussions ultérieures sur le processus lorsque les parties prenantes (les particuliers, les associations, les villes, etc.) pensent qu'un plan proposé ne mérite pas d'être soutenu car leur solution alternative n'est pas considérée dans le processus de planification. Des efforts substantiels peuvent être nécessaires pour recueillir activement les idées des parties prenantes.

Il est rappelé que, dans un futur proche, dans le contexte de la Directive-Cadre européenne sur l'eau (Article 14), la participation du public sera nécessaire pour la définition des plans d'aménagement de bassins fluviaux.

Enfin, on peut se demander si la communication avec les décideurs est différente de la communication avec les parties prenantes. La communication avec les décideurs est essentielle à l'avancement de la gestion des inondations. Comme les parties prenantes, ils ont besoin d'informations pour prendre leurs décisions, notamment d'informations sur les alternatives possibles. Les décideurs sont également concernés par les aspects politiques de leurs actions et ils doivent prendre des décisions sur une vaste gamme de thèmes. Dans la mesure du possible, la communication avec les décideurs doit garder ces préoccupations à l'esprit.

On note que cette communication nécessitera des efforts de longue durée. Il est important de bien prendre en compte qu'au cours de cette période, des personnalités élues ou nommés (Maires, Présidents de Régions ou de Départements, Préfets) seront remplacés par des personnes qui pourraient ne pas être informées de ces questions.



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Conclusions de l'équipe d'experts internationaux .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Brève présentation générale des fonctions de la Loire .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Présentation générale des fonctions du fleuve et du lit du fleuve	
	3.2 Complémentarité et conflits d'intérêts	
<b>4</b>	<b>Types de mesures disponibles pour la gestion des inondations.....</b>	<b>15</b>
	4.1 Introduction	
	4.2 Brève description des mesures non structurelles	
	4.3 Brève description des mesures structurelles	
	4.4 Entretien des infrastructures existantes de gestion des inondations	
	4.5 Efficacité des différents types de mesures structurelles	
<b>5</b>	<b>Stratégie de gestion des inondations en Loire moyenne .....</b>	<b>28</b>
	5.1 Brève présentation générale	
	5.2 Commentaires sur la stratégie globale	
	5.3 Commentaires sur certains éléments du plan	
<b>6</b>	<b>Mesures éventuellement adaptées au plan de gestion des inondations en Loire moyenne.....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Vers une politique générale pour la gestion des inondations le long de la Loire moyenne.....</b>	<b>42</b>
	7.1 Généralités	
	7.2 Suggestions pour parvenir à une politique générale	
<b>A</b>	<b>Glossaire .....</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Exemple d'analyse coûts/avantages concernant la protection contre les crues des habitations existantes .....</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Fréquences des débits fluviaux et des inondations.....</b>	<b>C-1</b>

# 1 Introduction

## Contexte et objectif de ce rapport

Le rapport ‘Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d’inondation par les crues fortes en Loire moyenne ’ (Réf. 5) a été produit en juin 1999 par l’équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

Dans le cadre du projet européen ‘Freude am Fluss’, une équipe d’experts internationaux a visité la Loire moyenne en Octobre 2004. Cette équipe a rédigé un rapport sur la protection contre les crues le long de la Loire comportant un certain nombre de recommandations (Réf. 2, Réf. 3, Réf. 30). Avec ce rapport comme point de départ, l’Établissement Public Loire (EP Loire) a souhaité obtenir des conseils plus spécifiques sur la manière de gérer les inondations et a demandé à Delft Hydraulics d’étudier cette question et de rédiger un rapport concis.

L’objectif du projet actuel et de ce rapport est d’apporter des conseils sur la mise en œuvre de la stratégie de gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Le rapport essaie d’être clair sur les options disponibles et le type de mesures devant être prises, et apporte des suggestions concernant l’ordre dans lequel les mesures devraient être prises pour mettre en œuvre la stratégie.

Ce rapport a également pour but de contribuer à la préparation du Plan Loire Grandeur Nature pour la période 2007/2013, dans le cadre du projet ‘Freude am Fluss’.

Il doit être souligné que ce rapport n’est qu’un petit pas dans un long processus de gestion du risque d’inondation dans le Bassin de la Loire. Un rapport comme celui-ci n’est en aucun cas suffisant pour obtenir une vision détaillée des divers problèmes de développement, pour supprimer les avis divergents concernant les questions complexes existant dans le bassin et pour élaborer un plan intégré, prêt à être mis en œuvre. Il ne peut que contribuer au processus de prise de décision, et c’est ce qui a été souhaité.

Les auteurs de ce rapport sont expérimentés en matière de gestion des inondations le long de nombreux fleuves dans le monde entier, mais pas sur la Loire. Ce rapport est évidemment basé sur des documents et des discussions concernant la Loire, mais est essentiellement rédigé à partir de l’expérience acquise sur d’autres fleuves. Ce rapport est donc moins détaillé que de nombreux rapports existant sur la Loire, mais il apporte ce qu’on peut appeler un ‘point de vue extérieur’ sur la Loire, d’où son titre.

## Zone de projet

Le projet est axé sur la Loire moyenne, entre Nevers et Angers. Les villes d'Orléans et de Tours sont les deux autres zones urbaines principales de ce tronçon fluvial.

Le long de la Loire, il y a une série de vals : zones que des digues protègent contre les inondations dues à des crues relativement réduites. Avec des débits fluviaux croissants, de plus en plus de vals seront successivement inondés d'une manière contrôlée (ou d'une manière non contrôlée dans le cas où la stabilité des digues ne serait pas suffisante). L'inondation contrôlée des vals peut se dérouler d'une des trois manières suivantes :

1. au moyen d'ouvertures permanentes dans la digue (généralement des inondations en aval du val) ;
2. par déversement sur des tronçons de digues préparés à cet effet (sur cet emplacement, le revêtement de la digue est protégé de manière à éviter l'érosion de la digue) ;
3. au moyen d'un déversement initial, suivi de l'érosion d'une partie supérieure de la digue susceptible d'être facilement érodée (le 'fusible'), ce qui crée une grande capacité de dérivation.

Les vals peuvent également être inondés par un déversement non maîtrisé résultant de brèches dans la digue.

Les dernières crues majeures de la Loire ont eu lieu au 19<sup>e</sup> siècle (1846, 1856 et 1866). Pendant la crue de 1856, *tous* les vals le long de la Loire moyenne ont été inondés, la profondeur d'eau variant de 1 à 4 m (Réf. 5).

Aujourd'hui, les vals accueillent une vaste gamme d'utilisation des territoires : zones agricoles, d'habitation, industrielles, naturelles, voies de communication, etc.

## Méthode de travail

Dans le cadre du projet, un ensemble considérable de documents a été étudié (voir la liste des références). Ces documents, avec les informations de divers spécialistes de la Loire, ont servi de base à ce rapport qui a fait l'objet de plusieurs discussions les 28 juin 2005 et 22/23 septembre 2005, avec l'Établissement Public Loire, l'équipe pluridisciplinaire du Plan Loire et les autres parties prenantes. Une présentation orale de ce rapport a été effectuée lors de la conférence des maires du projet « Freude am Fluss » qui s'est tenue à Karlsruhe (Allemagne) les 18 et 19 juin 2006.

## Présentation générale du contenu de ce rapport

Ce premier chapitre présente le contexte et l'introduction de l'étude réalisée.

Le Chapitre 2 de ce rapport traite brièvement des conclusions de l'équipe d'experts internationaux du projet Freude am Fluss qui s'est déplacée le long de la Loire en octobre 2004.

Le Chapitre 3 donne une présentation générale des fonctions de la Loire, de leurs complémentarités et des conflits d'intérêts.

Le Chapitre 4 traite des types de mesures disponibles dans le contexte de la gestion des inondations.

Le Chapitre 5 présente la stratégie globale de gestion des inondations pour la Loire.

Le Chapitre 6 traite des mesures éventuellement adaptées à la gestion des inondations le long de la Loire moyenne.

Enfin, le Chapitre 7 est axé sur les suggestions concernant la manière de définir une politique générale de gestion des inondations.

## 2 Conclusions de l'équipe d'experts internationaux

Dans le cadre du projet 'Freude am Fluss', une équipe d'experts internationaux a visité la Loire moyenne en octobre 2004. Cette équipe a rédigé un rapport sur la protection contre les inondations le long de la Loire avec des conclusions et des recommandations (Réf. 2, Réf. 3, Réf. 30).

Ce court chapitre met l'accent sur les observations finales de cette équipe (Réf. 30) et apporte quelques commentaires sur ces observations rappelées ci-après :

1. La Loire est un système naturel et un patrimoine européen unique qui ne pourront être que plus rares dans la société future. La manière dont les habitants vivent avec l'eau les rend responsables de leurs propres risques. La participation et la communication peuvent améliorer leur niveau de sensibilisation.
2. La stratégie de gestion des inondations en Loire moyenne est généralement appropriée, en particulier la politique de renforcement des digues dans le but de prévenir la formation de brèches – principalement dans les villes – en cas de crues majeures, actuellement menée par les autorités. Elle doit inclure des priorités négociées.
3. Le niveau de sécurité du système de protection contre les inondations doit être défini en fonction des classes principales d'occupation dans la vallée fluviale.
4. La réglementation actuelle concernant l'aménagement du territoire est adaptée car elle stoppe l'augmentation des dommages potentiels, mais elle restreint le développement local. Un important travail de concertation autoriserait un aménagement durable des zones urbaines, compatible avec le risque d'inondation.
5. La communication sur le risque d'inondation est bien organisée, mais elle met trop l'accent sur les dangers et les risques liés à la Loire. Il est recommandé d'impliquer les habitants de façon plus positive. À cet égard, en s'inspirant des principes du projet Freude am Fluss, les autorités devraient viser à une "une plus grande harmonie avec le fleuve" dans la stratégie de communication.
6. Des analyses coûts-avantages appropriées renforceraient les prises de décisions.
7. Une vision durable de l'aménagement à long terme des zones non inondables, voisines de celles qui le sont, serait la bienvenue, à l'exemple du Rhin.

Nous compléterons ces points comme suit :

1. La vallée de la Loire a été inscrite en 2000 sur la Liste du Patrimoine Mondial de l'UNESCO pour 'ses propriétés naturelles et culturelles de valeur universelle exceptionnelle'.
2. Il y a très peu d'exemples dans le monde où la gestion des crues est comparable à celle de la Loire. Comme indiqué à la section 4.5 il s'agit d'un concept très efficace et très approprié de gestion des inondations. S'appuyer sur une série de vals est le meilleur choix global qui pouvait être fait au 19<sup>e</sup> siècle, et est l'encore aujourd'hui.

3 La définition des fréquences des inondations permettrait de clarifier les mesures qui doivent être mises en œuvre dans un futur proche. Cependant, dans le cas de la Loire, la définition de niveaux de sécurité n'est pas une exigence strictement nécessaire à la gestion réussie des crues. Une alternative à la définition de ces niveaux de sécurité pourrait être la poursuite de la politique actuelle, dans le but de mieux protéger les vals urbanisés par rapport aux autres vals.

6 La question portant sur la manière de traiter les avantages immatériels et les coûts irrécupérables des améliorations de la gestion des crues donne lieu à de longues discussions sur ce qui doit être inclus dans l'analyse des coûts-avantages et ce qui ne doit pas l'être. Par exemple, on pourrait affirmer que le sentiment d'anxiété et d'angoisse, les dommages causés aux objets historiques culturels, etc., devraient tous être inclus en tant qu'avantages apportés par les améliorations de la gestion des inondations. Il en est de même pour les aspects environnementaux qui – selon que l'effet environnemental prévu est négatif ou positif – pourraient être ajoutés aux coûts ou aux avantages.

## 3 Brève présentation générale des fonctions de la Loire

### 3.1 Présentation générale des fonctions du fleuve et du lit du fleuve

#### Généralités

La France a un long passé en matière de gestion de l'eau et de mise en valeur des ressources en eau. De nombreux projets de gestion de l'eau ont été planifiés et mis en œuvre dans le cadre de la gestion des crues, de la navigation, de la production d'énergie hydraulique, de l'alimentation en eau et dans d'autres buts, en particulier pour le développement économique régional. Les régimes hydrologiques des bassins versants ont été considérablement modifiés par la construction de barrages, de digues et de canaux. Le mode de ruissellement a été influencé par le développement de systèmes de drainage et d'autres changements en matière d'utilisation des sols. Les altérations des bassins versants ont promu le bien-être de l'homme et les dirigeants ont utilisé l'aménagement hydraulique comme vecteur de la prospérité économique. Les résultats ont été impressionnants : sécurité accrue contre les inondations, navigation sur les canaux et les cours d'eau, disponibilité de plaines pour les utilisations agricoles et commerciales, production d'énergie hydroélectrique, etc.

Il y a cependant un revers à la médaille. Dans de nombreux fleuves fortement contrôlés, notamment la Loire moyenne, la superficie des plaines inondables naturelles a été réduite en raison de la construction de digues, réduisant d'autant la capacité d'écoulement pendant les crues. Les autres zones ont régulièrement été inondées et se sont lentement élevées, en raison du dépôt de limon. L'extraction de sable et de gravier a augmenté la profondeur des chenaux d'étiage, entraînant des niveaux de nappe phréatique inférieurs. Les espèces végétales et animales ont lentement disparu. Les zones humides ont progressivement diminué dans la mesure où les terres ont été converties en terres agricoles. Cependant, encore aujourd'hui la Loire conserve des valeurs écologiques et paysagères étendues et importantes.

#### Transport de l'eau et des sédiments

La fonction la plus évidente mais également la plus fréquemment ignorée des fleuves est le transport de l'eau et des sédiments. De grands intérêts sont en jeu concernant la gestion (la maîtrise) de ces fonctions de transport. Les principaux instruments utilisés dans la gestion des crues dans le Bassin de la Loire sont la construction de digues, de dérivations et de réservoirs. En commençant en aval de Nevers, les digues protègent l'ancienne plaine d'inondation contre les inondations sur un tronçon substantiel du fleuve, jusqu'en aval

d'Angers. La navigation, la production d'énergie hydroélectrique, l'alimentation en eau et les loisirs ont également bénéficié de la construction de réservoirs. L'extraction de sable dans le chenal d'étiage contribue au mieux à la réduction des niveaux de crue.

L'eau est une source de prospérité mais en même temps une source de préoccupation. Les crues dans le passé ont rappelé aux hommes combien un fleuve peut être dangereux et dommageable. Les dommages causés par les crues au 19<sup>e</sup> siècle ont été considérables. Les ouvrages de gestion des crues (principalement les réservoirs, les dérivations et les digues) ont permis de limiter les dommages, mais il convient de se demander comment réduire efficacement la menace de dommage futur, tout en soutenant le développement (économique) dans les zones affectées et les zones en dehors des zones inondables.

Une question importante de la gestion des crues est de savoir quelles crues peuvent être prévues, maintenant et à l'avenir. Il est essentiel de connaître le réseau fluvial et son aménagement 'naturel', ainsi que l'effet de l'intervention humaine sur ce réseau, comme la construction d'ouvrages fluviaux et les changements d'occupation des sols. Il est important d'avoir une idée des événements météorologiques aboutissant aux crues, ainsi que des changements climatiques possibles. Les conséquences hydrologiques et hydrauliques directes doivent être prises en compte, ainsi que les effets indirects sur la morphologie, susceptibles d'avoir à long terme un effet négatif sur la capacité de débit et la stabilité des digues. Il est essentiel d'avoir une idée du comportement morphologique des fleuves pour le maintien futur du niveau requis de protection contre les crues.

Un certain nombre d'options sont potentiellement disponibles pour réduire les probabilités d'inondation. Celles-ci peuvent avoir un effet majeur ou mineur, être coûteuses ou relativement économiques, être en accord ou non avec la politique actuelle, et être plus ou moins socialement acceptables. L'élévation ou le renforcement des digues, le recul des digues, le dragage des canaux principaux et/ou latéraux, la réduction partielle des plaines d'inondation et la construction de réservoirs en amont comptent parmi les mesures possibles. Dans le but de garantir une protection durable contre les inondations, les mesures dans la partie amont et aval de la totalité du fleuve doivent être adaptées les unes aux autres.

## Habitat

La Loire moyenne et les vals dans cette région s'étendent sur une superficie de 150 000 hectares. 300 000 personnes au total habitent dans cette région, réparties dans 240 communes (Réf. 5). Ce chiffre inclut des grandes villes (comme Orléans) qui ont un niveau relativement élevé de sécurité contre les inondations. Ce nombre important d'habitants souligne l'importance des fonctions du fleuve pour la société. Les habitants des différents vals aimeraient que la probabilité d'inondation du val où ils vivent soit relativement faible, voire la plus faible, par rapport aux autres vals.

## Agriculture

L'agriculture est la principale utilisatrice des plaines inondables le long de la Loire. Sur les 150 000 ha de plaines inondables au total, 85 000 sont utilisés pour la production agricole. Environ 10 % de cette surface agricole est utilisée pour des cultures spécialisées de valeur élevée. Ces cultures incluent l'horticulture, les vergers, etc. En raison des sols fertiles, le



rendement dans les plaines d'inondation suffisamment drainées est généralement supérieur à celui des régions montagneuses.

## Industrie

A proximité directe des villes, les industries occupent une petite partie de la plaine inondable. Traditionnellement, ces emplacements offrent à l'industrie l'avantage d'un accès immédiat au transport par voies navigables intérieures pour amener des matières premières et transporter des produits finis, et un accès immédiat à l'eau de refroidissement et de traitement. La plupart des 13 600 entreprises (dont 500 ont plus de 20 employés) situées dans la plaine inondable de la Loire moyenne ne sont actuellement pas directement reliées au fleuve.

Dans un passé récent, il y a encore eu des extractions de sable et de gravier dans le lit mineur. En différents emplacements, en particulier à proximité des centres urbains, cette activité a entraîné une baisse significative (de 1 à 1,5 m, Réf. 5) du fond du lit, avec un effet notable sur les niveaux d'eau dans le fleuve. Cela ne sous-entend pas nécessairement un effet positif sur la gestion des crues. Dans les cas où cette réduction du niveau d'inondation se produit au niveau d'une dérivation vers un val supposé être activé lorsque le fleuve atteint un certain niveau d'eau, cet effet sur les niveaux de crue entraîne l'activation de la dérivation à un moment ultérieur, éventuellement non souhaitable pendant l'onde de crue au niveau du fleuve. Par ailleurs, l'extraction de sable et de gravier a entraîné une forte réduction de la formation de canaux secondaires, avec des effets négatifs sur l'écologie et avec une végétation plus érodée, une augmentation de la rugosité hydraulique, conduisant à son tour à des niveaux de crue plus élevés. Enfin, l'approfondissement du chenal d'étiage dû à l'extraction a un impact négatif sur la stabilité des digues adjacentes.

Cette extraction de sable et de gravier n'est actuellement plus autorisée dans le lit mineur.

## Navigation

Le fleuve n'est plus utilisé aujourd'hui pour la navigation commerciale. Une des raisons en est que la profondeur d'eau pendant l'étiage n'est généralement pas suffisante pour la traversée en sécurité des navires. C'est pour cette raison que des canaux comme le Canal Latéral à la Loire ont été développés. Pour la navigation de loisirs, la Loire n'a été que récemment "redécouverte" : de nouvelles initiatives ont été lancées pour attirer davantage de navires de plaisance sur le fleuve.

## Environnement

À l'origine, de grandes zones humides existaient dans le Bassin de la Loire. Les zones humides sont des liaisons uniques entre la terre et l'eau. Certaines zones humides sont presque continuellement sous l'eau, alors que d'autres peuvent être inondées pendant seulement une courte période. Cela signifie une diversité impressionnante de zones humides, de types d'habitats et de fonctions spécifiques. Avec ces conditions particulières, les zones humides sont parmi les écosystèmes naturels les plus productifs sur le plan

biologique dans le monde. Pour cette raison, les zones humides sont reconnues comme étant essentielles à la survie des divers animaux et plantes, notamment les espèces menacées et en voie de disparition.

Par ailleurs, les zones humides jouent un rôle dans la réduction des niveaux d'eau pendant les crues plus réduites (des crues qui se produisent régulièrement), en raison de leur capacité à stocker les eaux en crue et à les libérer lentement. Dans le cas d'événements importants comme les crues du 19<sup>e</sup> siècle, l'effet des zones humides sur les niveaux d'eau élevés sera marginal car les zones humides ont été saturées par les précipitations ou ont déjà été inondées antérieurement.

La superficie des zones humides a progressivement diminué depuis quelques siècles. Les zones humides ont été converties en terres agricoles et dans une mesure moindre, converties pour une utilisation résidentielle et industrielle. Actuellement, les zones humides ne représentent qu'un pourcentage relativement faible (selon les estimations 10 % environ) de la plaine d'inondation du Bassin de la Loire. Cette proportion est encore relativement importante pour l'Europe de l'Ouest ; le long des affluents du Rhin aux Pays-Bas, il ne reste aujourd'hui que 2 % de zones humides. Depuis le début des années 1970, la valeur des zones humides est de plus en plus reconnue, donnant lieu à des législations et à des réglementations relatives à la protection des zones humides restantes. Dans le futur, le nombre et la qualité des zones humides devraient même augmenter.

En raison de la fréquence d'inondation des valls, l'écosystème dans ces réserves ressemble davantage aux écosystèmes des 'terres sèches' (hautes terres), plutôt qu'aux écosystèmes de zones humides vierges.

Sur les 150 000 hectares de plaines d'inondation au total, 36 000 environ sont identifiés comme ayant un potentiel de valeurs écologiques ou comme étant réellement reconnus en tant que valeurs écologiques.

## **Loisirs**

Les zones humides, les lacs-réservoirs et le fleuve lui-même offrent des opportunités considérables de loisirs. Les activités populaires sont la chasse, la pêche, le camping, les promenades en bateaux, les promenades et l'observation des oiseaux. Les loisirs fluviaux ont une importance considérable pour l'économie des communautés locales.

Ces dernières années, plusieurs initiatives ont été lancées afin de simuler l'utilisation récréative du fleuve et du corridor fluvial, qui n'est considérée à ce jour que comme modeste.

## **Ressources historiques et culturelles**

Les plaines d'inondation le long de la Loire comprennent de nombreux sites archéologiques et historiques. Ces sites incluent des trésors architecturaux historiques comme les nombreux châteaux, forts, carrières et lieux de sépulture. Ils incluent également des réalisations techniques et des ouvrages d'art comme l'aqueduc de Briare (1896) qui mène le Canal de Briare sur la Loire vers le Canal Latéral à la Loire. Pour illustrer son importance, la vallée

de la Loire a été inscrite en 2000 à la Liste du Patrimoine Mondial de l'UNESCO pour 'ses propriétés naturelles et culturelles de valeur universelle exceptionnelle'. Les activités de construction sur et le long du fleuve, l'érosion des berges et les crues extrêmes sont susceptibles d'affecter cette valeur.

### **Production d'énergie hydraulique**

Les réservoirs du bassin de la Loire sont utilisés pour la protection contre les crues et le stockage d'eau pour une utilisation pendant la saison sèche de l'été. Certains permettent également la production d'énergie hydroélectrique, un avantage secondaire important.

### **Alimentation en eau potable et industrielle**

Le fleuve est une source d'eau potable et industrielle : eau de traitement et de refroidissement et irrigation. La quantité d'eau extraite pour ces utilisations est faible par rapport au débit fluvial (sauf pendant les périodes sèches prolongées). Aussi longtemps que l'eau prélevée (après un traitement approprié) retourne au fleuve, cette utilisation de l'eau peut être considérée comme ayant une importance mineure dans le bilan hydrologique global du fleuve.

### **Élimination des déchets et de l'eau de refroidissement**

Après une utilisation industrielle ou domestique, l'eau est, dans la plupart des cas déversée dans le fleuve après traitement. Ce déversement peut avoir un effet négatif au niveau local mais la qualité de l'eau du fleuve est globalement satisfaisante. Quatre centrales nucléaires utilisent l'eau de la Loire, à Belleville, Dampierre en Burly, St Laurent des Eaux (à proximité de Beaugency) et à Avoine entre Bourgueil et Chinon. L'utilisation de tours de refroidissement permet d'éviter le déversement de l'eau dans le fleuve à une température plus élevée.

## **3.2 Complémentarité et conflits d'intérêts**

### **Interactions entre les groupes d'utilisateurs**

Certaines utilisations et certains utilisateurs du fleuve indiqués ci-dessus, qui sont néanmoins relativement peu nombreux, n'ont pas d'effets les uns sur les autres, même s'ils sont sur le même fleuve. Certains ont des effets très importants, s'étendant d'une interdépendance totale à une exclusion mutuelle. En général, il y a une série de degrés d'interactions positives ou négatives. L'effet qu'un type d'activité aura sur un autre dépend de comment et où ces activités sont conçues et mises en œuvre. Par exemple, un établissement industriel déversant des effluents chimiques dans le fleuve peut avoir un effet très négatif sur l'environnement riverain, mais le même établissement, s'il traite ses effluents complètement ou n'utilise pas le fleuve pour les éliminer, peut ne pas avoir d'effet environnemental négatif. De même, les mesures de conservation du sol dans un bassin versant supérieur peuvent avoir des effets positifs sur les agriculteurs en aval si l'érosion et

la sédimentation sont réduites, alors que les activités de protection de l'environnement qui consistent à limiter les pratiques agricoles (en particulier celles liées à l'utilisation de pesticides, d'herbicides et d'engrais) ou à interdire la culture de certaines zones peuvent avoir un effet négatif sur les agriculteurs impliqués.

En général, l'argument brièvement développé ici est un argument important dans le *processus* de développement d'un plan de gestion des fleuves. Il s'avère que les interactions entre les activités sur et le long du fleuve peuvent devenir mieux compatibles et moins mutuellement dommageables lorsqu'elles sont bien planifiées et lorsque les usagers du fleuve ont négocié entre eux leurs activités. Lorsque les dommages sont inévitables, les conflits peuvent être minimisés si une compensation est convenue, de préférence à l'avance.

Le Tableau 3-1 donne une indication approximative de l'étendue de certaines des interactions les plus potentiellement conflictuelles. Le tableau doit être lu de manière à ce que les titres des colonnes indiquent les activités affectant celles indiquées dans les lignes. Les notes +1 et +2 indiquent des complémentarités et des interactions positives, 0 est neutre et -1 et -2 sont concurrents ou négatifs. La notation est généralisée, mais ces chiffres peuvent devenir positifs, représentant des conflits moindres et des interactions plus positives lorsque la planification est effectuée.

D'autres utilisations importantes de l'eau ne sont pas mentionnées dans le Tableau 3-1, car les interactions sont évidentes et directes. L'alimentation des réseaux publics de distribution d'eau au niveau municipal en est une. L'énergie hydraulique en est une autre. Elles sont omises à des fins de clarté du tableau.

Actuellement, les deux principales questions en jeu sont les suivantes : la protection de l'environnement et la protection contre les inondations. Les développements en matière de gestion des inondations sont d'une importance considérable pour la protection de la population et des activités économiques. Le développement économique peut résulter des améliorations effectuées en matière de gestion des inondations, mais peut également être stimulé par un tourisme accru découlant de conditions environnementales améliorées. Le développement économique n'est pas une question en elle-même dans ce type de raisonnement. Il est évident qu'il y a d'autres questions importantes liées aux diverses fonctions du fleuve (loisirs, alimentation en eau potable, production d'énergie hydraulique, extraction des sédiments, etc.). Nous considérons que ces questions ne sont pas actuellement les questions principales.

Tableau 3-1 Interactions entre les activités fluviales potentiellement conflictuelles

	Notation de l'effet :					
	Des ouvrages de gestion des crues *)	De l'agriculture dans la plaine d'inondation	De l'industrie sur ou à proximité de la plaine d'inondation	Des loisirs fluviaux	De la préservation du patrimoine historique et culturel	De la protection de l'environnement
sur la gestion des crues		+1 à -1	0	0 à -1	+1 à -1	+1 à -2
sur l'agriculture dans la plaine d'inondation	+2 à +1		0 à -1	0 à -1	+1 à -1	+1 à -2
sur l'industrie sur ou à proximité de la plaine d'inondation	+2	+1 à 0		0	0 à -1	0 à -2
sur les loisirs fluviaux	+1 à -1	0 à -1	0 à -2		+1 à -1	+2 à +1
sur le patrimoine historique et culturel	+2 à -2	0 à -1	0 à -2	+1 à 0		+2 à 0
sur l'état de l'écologie fluviale	0 à -2	+1 à -1	0 à -2	+1 à -1	+2 à 0	
Légende : +2 = effets nécessaires ou fortement complémentaires et positifs ; +1 = généralement positifs ; 0 = neutres : pas d'avantage ni de conflit particulier (faible interaction) ; -1 = la mise en œuvre d'une partie signifie une restriction ou des dommages pour l'autre ; et -2 = mutuellement exclusifs et par conséquent complètement en concurrence, ou fortement dommageables.						
*) Les notes dans la colonne des effets des ouvrages de gestion des crues font référence aux ouvrages qui réduisent la fréquence d'inondation d'une parcelle particulière.						

Le Tableau 3-1 indique les interactions directes. Les interactions indirectes ne sont pas présentées, bien qu'elles puissent également être très importantes. Par exemple, l'effet du développement industriel sur ou à proximité de la plaine d'inondation sur l'écologie fluviale est noté 0 à -2, car les effets industriels peuvent varier entre écologiquement neutres, modérément polluants à si gravement polluants qu'ils détruisent les habitats. L'industrie est rarement directement complémentaire ou positive à l'égard des préoccupations environnementales dans les plaines d'inondation. Cependant, si l'engagement d'utiliser certaines des recettes, par le biais des taxes ou impôts ou autres moyens, générées par le développement industriel est pris pour améliorer les conditions environnementales (par

exemple, l'utilisation de certains fonds pour définir des zones de préservation), les effets indirects du développement industriel sur l'environnement peuvent être positifs (note +1). Ces effets indirects peuvent être importants dans les négociations entre les groupes d'utilisateurs.

### **Conflit concernant la protection contre les crues et les changements de préférence dans le temps**

À ce stade, on attend toujours des décisions claires sur la manière de traiter la gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Il semble y avoir des difficultés sur l'appréciation du degré et de l'étendue de la gestion à assurer. Il peut y avoir de nombreuses raisons pour les expliquer, notamment les conflits d'intérêts potentiels, ainsi que les politiques des différents niveaux de gestion des territoires (État, Régions, Départements, etc.).

Il y a des arguments techniques échangés entre deux extrêmes : ceux qui pensent que les niveaux de protection contre les crues doivent être significativement augmentés, comprenant l'option d'augmenter les hauteurs des digues le long du fleuve ; et ceux qui pensent que les améliorations de la gestion des inondations ne sont pas un bon moyen de dépenser l'argent des contribuables. Dans le cas de la Loire moyenne, les arguments semblent être compris entre le renforcement des digues et l'aménagement de nouveaux réservoirs et d'autre part, une politique plus globale sur l'atténuation des dommages causés par les crues. Les arguments en faveur de la première option sont en grande partie que le développement sociétal et économique de la région, en particulier le logement, l'agriculture et l'industrie, sera grandement aidé par une protection améliorée contre les crues. Les arguments en faveur de la deuxième option sont principalement que la protection des plaines inondables et la compensation des dommages causés par les crues sont onéreuses et qu'il n'y pas de raisons majeures pour que la collectivité engage de tels investissements. Par ailleurs, les mesures de protection des plaines d'inondation ne sont fréquemment pas écologiques (par exemple, la construction de réservoirs).

Les deux arguments sont rationnels et les convictions de leurs auteurs sont généralement fortes. Par ailleurs, les préférences des groupes d'intérêt changent au fil du temps, et le climat politique change et évolue. Les groupes environnementaux ont beaucoup plus d'influence actuellement qu'il y a 30 ans. Dans certains cas, les mesures de gestion des crues sont complémentaires des intérêts environnementaux, en particulier lorsque les mesures sous-entendent le recul des digues, l'abaissement des plaines d'inondation ou la construction de canaux ou de digues parallèles non régulés qui protègent ou encouragent le rétablissement de certains types d'habitats. En général, les intérêts environnementaux préfèrent une ingénierie moindre et favorisent les digues basses plutôt que les digues hautes. Le dragage du fleuve et l'abattage des forêts des plaines d'inondation sont fortement controversés. Les groupes de défense de l'environnement sont fortement en conflit avec ceux défendant l'aménagement des plaines d'inondation.

Compte tenu de l'infrastructure existante de gestion des crues le long de la Loire moyenne, les crues qui causent des dommages étendus sont relativement rares. Cette rareté rend difficile la communication avec les parties prenantes concernant la gestion (améliorée) des crues. Pour de nombreux acteurs, les crues appartiennent au passé (les dernières crues majeures ont eu lieu au 19<sup>e</sup> siècle), et il s'avère difficile pour les responsables de la gestion

des inondations de soulever une attention suffisante sur ce thème. Cette attention change radicalement immédiatement après une crue importante. On pourrait affirmer que – malheureusement – la gestion des inondations est ‘guidée par les événements’. Immédiatement après une crue (importante), les parties prenantes et les responsables politiques (au niveau régional et national) sont beaucoup plus disposés à investir dans des améliorations : la crue de 1856 a donné lieu à des améliorations importantes en matière de gestion des crues.

### **Le rôle des autorités publiques dans la résolution des conflits**

Les autorités publiques ont clairement un rôle concernant la gestion des inondations et la résolution des conflits entre les différents groupes d'intérêt. Compte tenu des liens décrits dans ce chapitre, cette gestion dépasse le niveau des individus, des communautés et même des régions. Le niveau organisationnel minimum pour traiter la gestion des crues est le niveau du bassin fluvial. Le niveau national est aussi un niveau approprié, en particulier si le financement de la gestion des crues est demandé au gouvernement central.

Dans la pratique, cette gestion des inondations nécessite :

- la collecte étendue de données, dont la plus grande partie est ou a été réalisée le long de la Loire moyenne ;
- les expertises des implications des différentes mesures pour gérer les inondations et les différents modes d'utilisation du sol, avec des degrés différents de protection contre les crues dans différentes zones ; la plupart de ces expertises sont actuellement réalisées, mais devraient être plus étendues, afin de permettre une planification à long terme au niveau du bassin ;
- la présentation des résultats des analyses de manière à ce qu'il soient accessibles et compréhensibles pour les parties prenantes et les décideurs, avec actuellement un effort majeur de l'EP Loire, de l'Agence de l'Eau et de la DIREN, qui doit être soutenu et étendu ;
- des méthodes pour permettre le débat, la négociation et les compromis entre les parties prenantes ;
- des plans d'aménagement qui incluent des décisions sur les mesures à prendre et où elles doivent être prises, la réduction des conflits dans la mesure du possible et la fourniture de compensations possibles pour les utilisateurs dont les intérêts sont altérés ;
- la mise en œuvre de plans qui incluent des conseils avisés, des rôles clairs pour le public et les secteurs privés et des plans pour le financement des activités.

Des suggestions relatives à la résolution des conflits liés à la gestion des crues le long de la Loire moyenne sont présentées dans les chapitres suivants.

## 4 Types de mesures disponibles pour la gestion des inondations

### 4.1 Introduction

Ce chapitre donne une présentation générale de nombreux types (sinon la plupart) de mesures pratiques qui peuvent théoriquement être appliquées dans le cadre de la gestion des inondations. Un point de départ est que la gestion des inondations vise à atténuer les dommages causés par les crues. Il convient donc non seulement de considérer des mesures qui réduisent la probabilité d'inondation, mais également des mesures qui visent à réduire les dommages causés par les crues.

Un autre point de départ est que la Loi française (1807) stipule que chacun est responsable de sa protection contre les crues. En accord avec ce principe, l'Etat met à disposition des cartes de risques d'inondation afin d'informer le public des mesures de prudence à suivre lorsque l'on s'installe à un endroit spécifique le long d'un fleuve.

Une présentation théorique générale de tous les types de mesures envisageable devrait également inclure des mesures *exotiques* comme par exemple, la construction de galeries souterraines pour dériver l'eau des zones en amont directement vers la mer, ou des idées pour garantir qu'il n'y a pas de fortes pluies au-dessus du bassin versant au moyen d'ensemencement dans les nuages (vaporisation de produits chimiques sur les nuages). Cependant, nous ne considérons pas ces types de mesures comme *possibles*. On peut facilement démontrer que la faisabilité technique ou économique de ces types de mesures est très faible. À la place, nous nous limitons ici à ce que nous considérons être des mesures qui pourraient être possibles dans le contexte de la gestion des crues le long de la Loire.

*Cette présentation générale est faite sans commentaires sur la faisabilité de leur application éventuelle pour la gestion des crues le long de la Loire. Ces commentaires suivent au Chapitre 5 de ce rapport.*

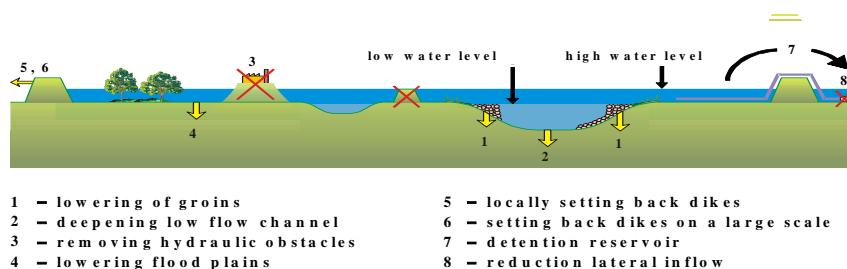


Figure 4-1 Représentation schématique de certains types de mesures structurelles visant à élargir et à approfondir un fleuve, notamment la rétention (qui équivaut à la retenue d'eau dans les valls le long de la Loire).



En matière d'analyse de la gestion des crues, une distinction est en général établie entre les mesures structurelles et les mesures non structurelles. De nombreuses définitions de ces types de mesures sont utilisées. Dans ce rapport, les mesures non structurelles sont définies comme étant des mesures pour modifier la sensibilité aux inondations, comme l'aménagement de bassins versants, les techniques de protection contre les crues, l'annonce des crues, l'aménagement du territoire et les réglementations associées, etc. Les mesures structurelles sont définies comme étant des mesures comme les barrages, les réservoirs, les digues, les dérivations, les bassins de retenue, la suppression des obstacles hydrauliques, etc. La Figure 4-1 illustre diverses mesures structurelles (pas la totalité).

## 4.2 Brève description des mesures non structurelles

Dans la catégorie des mesures non structurelles, les types de mesures disponibles sont les suivants :

Mesures axées sur la réduction des dommages causés aux biens existants :

1. *La suppression des biens susceptibles de subir des dommages causés par les crues* dans les vals. Cette catégorie peut inclure les habitations, les fermes, les entreprises, les routes et les voies ferrées. Il s'agit évidemment d'une mesure drastique pour réduire les dommages causés par les crues. En supprimant un bien spécifique du val, une inondation future du val ne peut plus causer de dommages sur cet emplacement. En général, le coût de cette suppression est très élevé par rapport à la Valeur Actualisée Nette (VAN) de la réduction des dommages causés par les crues. On observe qu'à proprement parler, la suppression des constructions à proximité des ouvrages d'entonnement, dans le but de garantir les performances hydrauliques de l'ouvrage ne fait pas partie de ce type de mesure. La raison est que dans ce cas l'objectif n'est pas nécessairement la réduction des dommages, mais plutôt la garantie des performances hydrauliques de l'ouvrage.
2. *La protection contre les crues des bâtiments existants* dans les vals, notamment les habitations, les bâtiments agricoles et les entreprises. La protection contre les crues des bâtiments existants permet de réduire les dommages subis pendant l'inondation des vals. Deux types de protection contre les crues sont différenciés : la protection à sec contre les crues et la protection humide contre les crues. La protection à sec a pour objectif d'éloigner l'eau d'un bâtiment dans la mesure du possible, notamment en fermant les bouches de ventilation dans les caves ou sous-sols, en empêchant l'eau de s'écouler à travers les portes et les fenêtres, etc. On observe que la protection à sec n'est judicieuse que dans le cas de maisons bien construites. Nombre des 2 000 victimes de la catastrophe de 1953 due aux crues aux Pays-Bas ont été tuées car elles essayaient de maintenir l'eau à l'extérieur de leur maison, et la pression résultante sur les murs a entraîné l'effondrement de ces murs et par conséquent, de toute la maison, piégeant les personnes à l'intérieur. La protection humide contre les crues, d'un autre côté, n'empêche pas l'eau d'entrer dans un bâtiment, mais vise à réduire les dommages. La protection humide contre les crues inclut le remplacement des planchers en bois par des sols en pierre, l'élargissement des escaliers menant aux étages supérieurs afin de facilement monter les meubles, le remplacement des murs en plaques de plâtre par des parois en

briques, le remplacement des armoires de cuisine en bois par des armoires plastiques, etc.

En général, la protection contre les crues des bâtiments *existants* exige un investissement très supérieur à la VAN de la réduction des dommages. Pour un exemple simple, voir l'Annexe B de ce rapport. Tout ce qui précède se réfère à la réduction des dommages causés par les crues aux biens. Une catégorie complètement différente est la réduction de la pollution après, par exemple, l'inondation d'usines de produits chimiques. Cette protection contre les crues doit être considérée au cas par cas.

3. *La protection contre les crues des réseaux de distributions* des services publics, notamment les réseaux de distribution de l'électricité, de l'eau potable, des égouts, du téléphone, de la TV par câble, etc. La protection contre les crues des réseaux de distribution sous-entend généralement que soit les stations de distribution sont étanches pour éviter que pendant une inondation l'eau ne s'infilte, soit que les installations sont placées au-dessus du niveau d'inondation maximum. En particulier pour les réseaux électriques et téléphoniques, cette protection peut être une option importante pour réduire les dommages causés par les crues. Ceci s'explique par le fait que l'inondation d'une installation individuelle peut sous-entendre l'interruption du fonctionnement du système dans une zone plus grande, ce qui peut entraîner des dommages substantiels (dans le cas d'une panne électrique) ou créer des risques (en cas de panne du réseau téléphonique). Par exemple, si un poste de transformation électrique est hors service en raison d'une inondation, une grande zone comprenant des bâtiments qui ne sont pas inondés peut perdre son alimentation électrique. Cette perte peut à son tour causer des dommages substantiels qui ne sont qu'indirectement causés par l'inondation. Par exemple, les congélateurs peuvent ne plus fonctionner, causant la décongélation de leur contenu, et les systèmes de chauffage des habitations peuvent tomber en panne en hiver forçant les habitants à rester dans des hôtels plutôt que chez eux. Par ailleurs, les entreprises ne peuvent généralement pas fonctionner sans alimentation électrique. Le rapport avantage/coût de l'élévation de ces installations au-dessus du niveau d'inondation maximum est souvent généralement assez élevé. Dans une moindre mesure, cela peut également être vrai pour les réseaux d'eau potable, de téléphone et de TV par câble. Nous nous demandons si cela sera également le cas des services publics d'assainissement : ces réseaux seront probablement inondés dans tous les cas, la défaillance d'une station de pompage par exemple ne peut donc pas causer de dommages supplémentaires.
4. *L'annonce des crues*, de manière à ce que les biens puissent être mieux protégés dans le cas où l'inondation des vals serait prévue. Un système d'annonce rapide des crues qui informe les habitants et les autres utilisateurs des vals de la possibilité que leur zone soit inondée, est très important pour minimiser les pertes en vies humaines dues aux inondations, ainsi que pour minimiser les dommages causés par les crues. Contrairement aux inondations dues à la mer, les inondations dues à des fleuves comme la Loire laissent en général suffisamment de temps pour (1) sauvegarder les objets importants (au moins les objets personnels, les documents importants, les bijoux, etc.) et (2) éloigner effectivement les habitants de la zone inondable. Pour que cette annonce soit réussie, un avertissement opportun et précis concernant les événements à venir est évidemment nécessaire. Avec les techniques modernes de mesure sur le terrain (notamment le radar météorologique) et les moyens de communication (Internet, téléphone mobile), les systèmes d'annonce de crues peuvent être très fiables.

5. *L'amélioration des plans de gestion des crises, notamment des plans d'évacuation*, de manière à ce que la population, les autres utilisateurs des vals et les autorités locales (les municipalités, les pompiers, la police, les ambulances, etc.) soient mieux préparés dans le cas où il serait nécessaire d'évacuer les vals lorsqu'une inondation est prévue. Les avantages de la disponibilité de ces plans (et de leurs tests réguliers en pratique !) sont évidents : ils améliorent un processus d'évacuation, minimisent les dommages, minimisent les risques d'accidents de la circulation et minimisent l'angoisse et l'anxiété.
6. *L'amélioration de la sensibilisation* aux risques de crue parmi les personnes qui vivent et travaillent dans les vals, afin de réduire les dommages potentiels causés par les crues, d'améliorer les évacuations et de réduire le sentiment global d'angoisse et d'anxiété en cas de crue réelle. Il y a de nombreuses options pour améliorer cette sensibilisation, notamment les bulletins d'information distribués de porte à porte, les discussions dans les écoles, les programmes télévisés, etc.
7. *L'amélioration de l'aménagement de bassins versants*, notamment l'aménagement forestier, afin de réduire les pointes de crue. Ce type de mesures est souvent relativement incompris. L'idée est qu'en réintroduisant la forêt, dans ce cas, dans la zone en amont de Nevers, un tapis forestier sain de superficie augmentée dans le bassin versant fonctionnera comme une 'éponge' pendant les orages pluvieux, et réduira, à son tour, le débit fluvial de pointe. La plupart des hydrologues conviennent que cette fonction d'éponge n'a un effet mesurable que pour les événements qui se produisent plus d'une fois tous les 25 ans en moyenne. Pour les événements plus fréquents (les événements qui se produisent relativement souvent), il y a donc un effet notable des forêts en amont sur les pointes de crue. Pour les événements plus rares (les événements qui se produisent moins souvent), l'effet des forêts en amont sur les pointes de crue est généralement insignifiant. La raison en est que pendant ces événements extrêmes – pendant lesquels il pleut pendant des jours – l'éponge est déjà pleine. Avec des niveaux de protection contre les crues le long de la Loire ayant un niveau de sécurité d'environ 1/50 par an ou mieux, il est évident que l'aménagement des bassins versants n'a *aucun* effet sur les crues qui sont *réellement* importantes pour la gestion des crues. Cette conclusion n'est pas populaire auprès de nombreux acteurs. Toutefois, les faits scientifiques sont difficiles à nier. Des efforts étendus de recherche sur ce thème de nature générale (Réf. 26 et 27) et pour des fleuves spécifiques comme le Mississippi (Réf. 28 et 29), le Rhin et la Meuse (Réf. 24 et 25), aboutissent tous à des conclusions similaires. Cela ne signifie pas que le reboisement du bassin versant n'est pas souhaitable, mais c'est un malentendu très répandu que de croire qu'il entraînerait une différence substantielle sur les débits de pointe pour les fleuves comme la Loire.

Mesures axées sur la minimisation des dommages liés aux aménagements futurs :

8. *La mise en place d'une interdiction concernant les nouveaux aménagements* dans les vals, notamment les nouveaux logements, les nouveaux bâtiments agricoles et les nouvelles entreprises. Ne plus ajouter de nouveaux bâtiments dans les vals permettrait d'arrêter une augmentation progressive des dommages potentiels causés par les crues. Ce type de mesures a souvent été défendu par le passé et c'est également le cas le long de la Loire. Trop souvent, la mise en œuvre de cette interdiction s'avère, cependant, difficile à réaliser lorsque le temps s'écoule. Les communautés locales s'opposent généralement à ces mesures car d'après elles, elles menacent les aspects sociaux (le

logement des jeunes familles) et l'économie de ces communautés. Une alternative à cette mesure pourrait être la mise en place d'une interdiction portant uniquement sur les aménagements à grande échelle dans les vals, comme l'expansion urbaine, l'aménagement de sites industriels, l'aménagement de serres, etc. Les aménagements à petite échelle (en supposant qu'ils puissent être définis de manière efficace) pourraient être autorisés dans le cadre de cette réglementation.

9. *La protection contre les crues des nouveaux bâtiments* dans les vals, notamment les nouveaux logements, les nouveaux bâtiments agricoles et les nouvelles entreprises. Au point 2 ci-dessus, il a été conclu que la protection contre les crues des bâtiments existants nécessite généralement des investissements très supérieurs à la VAN de la réduction des dommages. Pour les nouveaux bâtiments, cela peut être différent. La conception des bâtiments futurs pourrait être adaptée et relativement facilement changée de manière à assurer cette protection contre les crues, et les coûts supplémentaires de la protection contre les crues pourraient également l'emporter sur la VAN des dommages annuels prévus dus aux crues. Les mesures possibles pourraient inclure l'élévation du niveau du sol du bâtiment à un niveau supérieur, l'installation de compteurs pour les services publics à un niveau du sol supérieur, la construction de sols en pierre au lieu de planchers en bois, etc. Ces mesures pourraient être encouragées par les compagnies d'assurance (en facturant des primes inférieures) ou par le gouvernement. Il y a déjà des réglementations mises en place concernant la protection contre les crues des nouveaux bâtiments dans les vals le long de la Loire.

### 4.3 Brève description des mesures structurelles (infrastructures)

Dans la catégorie des mesures structurelles, les types de mesures disponibles sont les suivants :

Mesures visant à réduire les débits de crue :

10. *La construction de réservoirs de gestion des crues en amont de la Loire moyenne*, dans le but de réduire les débits de pointe dans le fleuve. La construction de réservoirs supplémentaires de retenue des crues dans le bassin versant en amont de Nevers entraîne une probabilité moindre que des débits extrêmes atteignent la Loire moyenne. En fait, il y a deux moyens de formuler l'effet de l'aménagement de ces réservoirs : (1) un certain débit de pointe dans la Loire moyenne aura une probabilité d'occurrence inférieure, ou (2) un événement avec une certaine probabilité d'occurrence verra son importance réduite.
11. *La construction de bassins de retenue (en fait, l'aménagement de vals supplémentaires) en amont de la Loire moyenne*, dans le but d'«écrêter» la pointe de l'onde de crue dans le fleuve. Des vals supplémentaires en amont de la Loire moyenne pourraient – comme les réservoirs de gestion des crues en amont – réduire les débits de pointe, comme représenté schématiquement à la Figure 4-2.

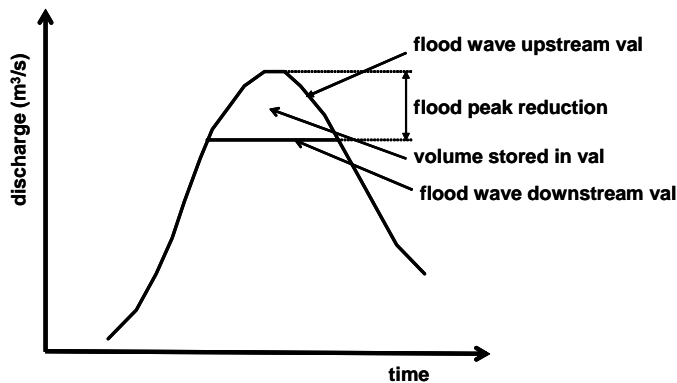


Figure 4-2 Principe illustrant comment un val peut réduire les débits de pointe en aval en écrêtant la pointe d'une onde de crue fluviale.

Mesures pour mieux accueillir les débits de crue :

12. *L'élévation et le renforcement des digues existantes* le long de la Loire moyenne. Des digues plus élevées et plus résistantes permettront de réduire la fréquence d'inondation des vals, et donc les dommages annuels prévisibles dus aux crues. Des digues plus élevées entraîneront également des niveaux de crue supérieurs dans le fleuve. La question est de savoir si les nombreux ponts au-dessus de la Loire peuvent accepter en toute sécurité ou non des niveaux de crue plus élevés. Les anciens ponts historiques pourraient être en particulier un facteur limitant, rendant impossible l'élévation substantielle et effective des digues le long de grands tronçons du fleuve.
13. *L'éloignement des digues par rapport au chenal d'étiage*. Dans le cas où les digues seraient éloignées du chenal d'étiage, la quantité d'eau transportée entre les digues serait plus importante. Cet éloignement entraînerait à son tour la réduction de la fréquence d'inondation des vals, mais il aboutirait également à une réduction de la quantité d'eau pouvant être retenue dans les vals. L'effet net de cet éloignement peut être négatif, étant donné que l'efficacité de la retenue des débits de pointe dans les vals du point de vue hydraulique.
14. *La création de bassins de retenue supplémentaires (vals) le long de la Loire moyenne*. Cette mesure est identique à la mesure 11 ; la seule différence est que nous étudions dans ce cas les vals le long de la Loire moyenne, pas seulement en amont. En supposant que l'espace nécessaire est disponible, l'aménagement de vals supplémentaires pourrait entraîner une capacité accrue de réduction des débits de pointe plus en aval. Toutefois, cet espace ne semble pas être disponible, du moins pas à une grande échelle.
15. Le changement du profil longitudinal de tout ou partie des digues le long des vals en *digues horizontales*. Les digues le long des vals de la Loire suivent généralement la pente du fleuve. Cela signifie qu'il y a une limite supérieure évidente à la quantité d'eau pouvant être retenue dans un val particulier. Si le niveau d'eau en aval d'un val est supérieur à la hauteur de la digue, l'eau traverse la digue et retourne dans le fleuve. Toutefois, si la hauteur des digues autour d'un val est augmentée en aval du val de manière à ce que toute la digue autour d'un val soit horizontale au lieu d'avoir une pente identique à celle du fleuve, la quantité d'eau pouvant être retenue dans un val est plus

élevée, sous réserve bien sûr que l'ouvrage d'entrée soit situé en amont du val. En accord avec le principe défini à la Figure 4-3, une réduction intéressante du niveau de crue plus en aval pourrait éventuellement être obtenue. Cependant, la pente relativement importante du fleuve limitera probablement l'application à grande échelle de ce type de mesure car elle sous-entendrait une élévation substantielle de la digue en aval du val. Un aspect négatif de ce type de mesure est, bien sûr, qu'étant donné la présence d'habitations dans quasiment chaque val, les dommages causés par les crues dans le val augmenteraient plus probablement lorsque la quantité d'eau retenue dans le val est supérieure : les profondeurs d'inondation augmenteraient, aboutissant à des dommages supérieurs dans le val.

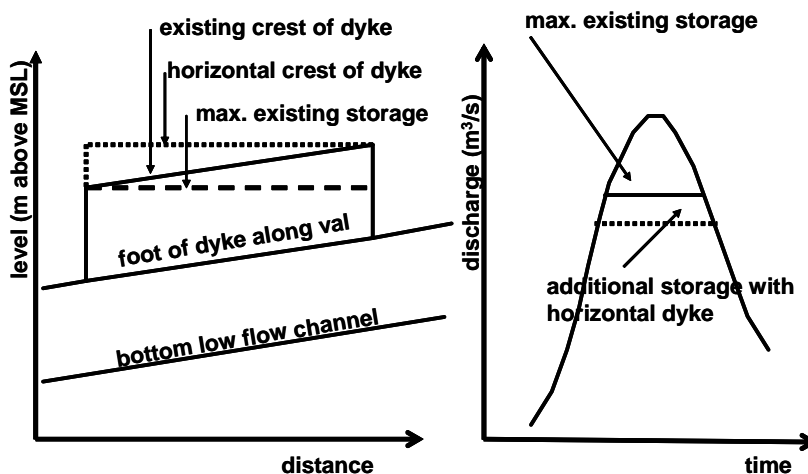


Figure 4-3 Représentation schématique de la manière dont les digues horizontales autour des vals pourrait augmenter la capacité de retenue des vals par rapport à une situation existante dans laquelle les digues suivent la pente du fleuve.

16. *La division des vals existants en compartiments plus réduits* au moyen de digues supplémentaires. Ces compartiments pourraient mieux protéger les villages, les établissements industriels, etc. Les digues compartimentées pourraient protéger les zones de valeur élevée dans le val contre les inondations pendant les crues intermédiaires, mais pendant les crues extrêmes, ces compartiments seraient également inondés.
17. *La fermeture des vals qui sont en permanence ouverts* sur le lit mineur d'étiage, afin de mieux écrêter la pointe de l'onde de crue dans le fleuve. Certains vals ont une ouverture permanente sur le lit mineur. Cette ouverture se trouve généralement en aval du val. Cette ouverture permanente aboutit à un remplissage partiel du val bien avant que la pointe de l'onde de crue du fleuve ne soit atteinte. Si cette ouverture était fermée et remplacée par un ouvrage d'entrée qui ne dérive l'eau que pendant la pointe du débit fluvial, la retenue dans le val serait utilisée plus efficacement car dans cette situation, la totalité du volume de retenue dans le val peut être utilisée pour écrêter la pointe de l'onde de crue. Il est admis que cette fermeture pourrait augmenter les niveaux de crue pour les crues plus réduites, mais cela pourrait être *potentiellement* acceptable étant donné la hauteur des digues existantes (mais on sait déjà que la fermeture des vals en amont de Gien augmenterait substantiellement les niveaux de crue à Gien, et la même constatation est déjà connue pour la fermeture des vals en amont du déversoir de Blois).

18. *La suppression des obstacles hydrauliques* dans le lit du fleuve entre les digues. La suppression des obstacles aboutit à une baisse du niveau d'eau qui, à son tour, réduit la fréquence d'inondation des vals. Ces obstacles peuvent inclure une grande variété d'objets, notamment les rambardes des ponts, les (anciens) bâtiments dans la zone entre la digue et le chenal d'étiage, et les bâtiments situés à proximité des ouvrages d'entrée qui entravent l'écoulement de l'eau pendant l'utilisation de l'entrée, etc. Il est admis que la pente relativement raide du fleuve limite l'effet sur la ligne d'eau, de la suppression des obstacles entre la digue et le chenal d'étiage.
19. *L'aménagement de canaux latéraux ou le creusement de la plaine inondable*. Le creusement de la plaine inondable se fait sur une superficie plus importante que l'aménagement d'un canal latéral. À condition qu'il y ait un espace suffisant disponible entre le lit mineur et la digue, le creusement de canaux latéraux pourrait aboutir à une réduction des niveaux de crue, ou bien à la réduction de la fréquence d'inondation des vals. On peut en dire de même concernant le creusement de zones importantes dans la bande de terre entre les digues et le chenal d'étiage. Lors de l'aménagement de canaux latéraux ou du creusement de la plaine d'inondation sur une superficie plus importante, il convient de veiller à ne pas compromettre la stabilité des digues. Par rapport au creusement général de la plaine inondable, le creusement de canaux latéraux est généralement plus efficace : le creusement nécessaire est moindre pour obtenir une réduction comparable du niveau d'eau. L'aménagement de canaux latéraux et le creusement de plaines d'inondation pourraient très bien être combinés aux aménagements des zones humides, qui sont importants pour l'écosystème riverain, ainsi que pour les loisirs. La partie creusée pourrait probablement être déversée dans le chenal d'étiage afin de compenser l'extraction historique des sédiments à grande échelle qui a eu lieu le long de la Loire.
20. L'aménagement de 'by pass' le long de sections de la Loire moyenne (un by pass est un chenal de dérivation. Il traduit ici le terme 'green river' utilisé en anglais). Cet aménagement sous-entendrait la construction de deux digues parallèles sur une longueur considérable le long du fleuve. La distance entre ces digues pourrait être de plusieurs centaines de mètres. Pendant des événements extrêmes, ce by pass transporterait l'eau, réduisant ainsi les niveaux de crue le long du fleuve. Dans ce but, il doit y avoir un ouvrage d'entrée en amont du by pass et en aval, et une écluse d'évacuation. Puisque le by pass n'est que rarement utilisé, l'utilisation des sols dans son emprise serait compatible avec une utilisation agricole. On pourrait envisager d'utiliser réellement ce by pass plus souvent que ce qui est strictement nécessaire du point de vue de la gestion des crues. Le long du Rhin en Allemagne, cela s'applique à un certain nombre de bassins de retenue (par exemple, le polder d'Altenheim, où ces inondations sont appelées 'inondations écologiques'). L'inondation des bassins de retenue (inhabités) ou des by pass ne sert pas seulement à l'écosystème dans ces zones, mais elle permet aussi de rappeler le risque d'inondation pour la population qui vit et travaille le long du fleuve.

## 4.4 Entretien des infrastructures existantes de gestion des crues

Les mesures structurelles (infrastructure) supposent que les infrastructures existantes fonctionnent correctement et sont bien entretenues. Souvent, ce n'est pas le cas et c'est aussi le cas le long de la Loire moyenne. Par conséquent, les types de mesures suivants sont ajoutés à cette présentation générale :

21. La réalisation de *travaux pour garantir la stabilité des digues existantes*. Il se peut que l'érosion du chenal d'étiage ait abîmé la pente extérieure d'une digue, ce qui pourrait entraîner un effondrement de la digue lors de niveaux élevés du fleuve. Des revêtements sont nécessaires dans ce cas pour stabiliser la digue. Parmi les autres exemples figurent les détériorations des talus dues au pâturage du bétail, qui nécessitent une remise en état. Les arbres qui ont poussé sur les pentes de la digue ces dernières décennies peuvent devoir être enlevés car ils peuvent être la cause de l'érosion de la digue. L'affaissement peut aussi nécessiter l'élévation de la digue puisqu'elle n'est plus conforme aux normes de conception.
22. La réalisation de *travaux pour garantir le fonctionnement correct des ouvrages d'admission des vals*. Il peut y avoir plusieurs raisons au fait que les niveaux d'eau dans les ouvrages d'admission des vals ne sont plus conformes aux critères de conception. Par exemple, l'extraction de sable et de gravier dans le chenal d'étiage réduit les niveaux d'eau. Les niveaux d'eau peuvent être supérieurs en raison d'un développement non maîtrisé de la végétation dans le lit du fleuve. Soit la cause du changement du niveau d'eau peut être traitée (par exemple : élimination de la croissance des végétaux dans le lit du fleuve), soit l'ouvrage d'admission peut être adapté. Si, par exemple, l'extraction de sable a entraîné des niveaux d'eau trop bas à un point d'admission, la dérivation peut être abaissée afin de garantir l'inondation du val lorsqu'elle est nécessaire et de manière à ce qu'elle ne soit pas trop tardive. Un autre élément lié au fonctionnement correct des ouvrages d'entrée est la présence de maisons dans les vals sur des emplacements où le fonctionnement hydraulique des admissions d'eau est compromis. Pour le fonctionnement correct des ouvrages d'entrée, il peut être nécessaire de supprimer ces bâtiments.
23. *L'entretien du chenal d'étiage et de la zone entre la digue et le chenal d'étiage*. Dans le cas où le chenal d'étiage accumulerait des sédiments, un dragage d'entretien serait nécessaire pour éviter des répercussions sur les niveaux de crue. La coupe de la croissance forestière non maîtrisée est également une activité d'entretien importante – mais très souvent controversée. Si cette forêt n'est pas régulièrement clairsemée ou complètement éliminée, cela peut avoir un impact considérable sur les niveaux de crue. Enfin, la sédimentation progressive de la zone entre la digue et le chenal d'étiage peut nécessiter des travaux d'entretien au cours desquels ces dépôts sont éliminés.



## 4.5 Efficacité des différents types de mesures structurelles

### Définition de l'efficacité des mesures structurelles

L'efficacité des mesures techniques fluviales (mesures structurelles) est définie comme correspondant à l'effet d'une mesure sur le niveau d'eau, divisé par les coûts des mesures.

Pour les coûts des mesures, la Valeur Actualisée Nette doit être utilisée, comprenant non seulement les coûts de construction, mais également les coûts d'exploitation et d'entretien.

L'effet sur le niveau d'eau peut être exprimé par l'effet vertical d'une mesure (en mètres ou en centimètres), comme par exemple la différence maximale de niveau d'eau à un certain emplacement entre la situation avant la mise en œuvre de la mesure et la situation après cette mise en œuvre. Étant données les différences d'effets sur le niveau d'eau des différents types de mesures, il vaut mieux d'après notre expérience exprimer l'effet sur le niveau d'eau en mètres carrés, intégrant ainsi l'effet vertical et la longueur sur laquelle se produit un effet vertical.

### Effet sur le niveau d'eau des mesures structurelles

Pour donner une description générale de l'effet sur le niveau d'eau des mesures structurelles, il est important de savoir jusqu'à quel niveau l'atténuation des pointes de crues est importante. L'atténuation des pointes de crues est définie comme correspondant au niveau de réduction d'une onde de crue lorsqu'elle se trouve en aval d'un fleuve. L'atténuation des pointes d'une onde de crue est régulièrement mesurée par rapport aux niveaux d'eau associés à un débit permanent qui est équivalent au débit de pointe de l'onde de crue.

Dans le cas où l'atténuation des pointes serait faible ou négligeable, comme par exemple sur les affluents du Rhin aux Pays-Bas (de 5 à 10 cm seulement sur chacun des 3 affluents Waal, Nederrijn et IJssel, qui mesurent environ 100 km de longueur chacun), l'effet sur le niveau d'eau des mesures qui élargissent ou approfondissent le fleuve est le plus élevé sur le site de la mesure et diminue progressivement jusqu'à zéro dans un sens amont (effet de remous).

Dans le cas où l'atténuation des pointes serait importante, comme par exemple sur la Meuse mais également sur la Loire moyenne, l'élargissement ou l'approfondissement des fleuves réduit les niveaux de crue sur le site de la mesure et en amont de la mesure, mais peut également causer une *légère hausse* des niveaux de crue en aval de la mesure. Ce phénomène hydraulique est inévitable, sauf évidemment si d'autres mesures plus en aval sont également prises. L'augmentation aval des niveaux d'eau ne doit en particulier pas être ignorée dans l'analyse de la gestion des crues car elle peut entraîner des situations inacceptables en aval des mesures considérées.

## Efficacité des mesures structurelles le long du Rhin et de la Meuse, et pertinence pour la Loire

Les informations ci-dessous sur l'efficacité des différents types de mesures structurelles d'élargissement et d'approfondissement des fleuves sont basées sur les études de faisabilité étendues et détaillées pour le Rhin et la Meuse aux Pays-Bas. Étant donné les similitudes avec la Loire moyenne, nous sommes convaincus que les conclusions générales pour le Rhin et la Meuse sont également valables pour la Loire moyenne.

Une évaluation détaillée d'environ 700 projets potentiels pour le Rhin et d'environ 200 pour la Meuse au cours des dernières années, donne l'image globale suivante sur l'efficacité des différents types de mesures. Toutefois, on observe que dans un même groupe de mesures, il peut y avoir une variation importante dans l'ordre d'efficacité.

1. Le type de mesure structurelle ayant l'efficacité la plus élevée est la construction de bassins de retenue le long du fleuve, comparables aux vals le long de la Loire. D'autres types de mesures possibles le long du Rhin et de la Meuse ont une efficacité significativement inférieure. La raison en est que l'aménagement des zones de retenue est le *seul* type de mesure qui crée une réduction du niveau d'eau *en aval* du site de la mesure. Tous les autres types de mesures (recul des digues, suppression des obstacles, creusement des rives, etc.) n'abaissent le niveau d'eau qu'en amont de la mesure, et (dans le cas où l'atténuation des pointes serait importante), n'élèvent que légèrement le niveau d'eau en aval de la mesure. Les vals le long de la Loire qui retiennent principalement l'eau (plutôt que de la déverser) peuvent être considérés comme des bassins de retenue.
2. Le deuxième groupe par ordre d'efficacité se compose des types de mesures suivants : recul des digues, aménagement de by pass et abaissement des épis. Les vals le long de la Loire qui ne retiennent pas seulement l'eau mais la déversent également (et la renvoient dans le fleuve plus en aval) peuvent être comparés à ce qu'on appelle les « fleuves écologiques » le long du Rhin et de la Meuse.
3. Le troisième groupe par ordre d'efficacité est composé de la suppression des obstacles hydrauliques (par exemple, les rampes des ponts, les anciennes briqueteries sur des buttes non inondables, les rampes d'accès aux bacs, etc.). L'efficacité de ce groupe est relativement faible, souvent parce qu'il est également nécessaire de retirer les matières polluées, ce qui est coûteux.
4. Le creusement des rives est le moins bien classé par ordre d'efficacité. Il y a deux raisons pour cela : (1) les coûts sont élevés car des volumes importants de matériaux doivent être enlevés ; et (2) l'effet sur le niveau d'eau de l'abaissement du lit est relativement faible.

## Conséquences pour la Loire moyenne

Sur la base de l'expérience décrite ci-dessus acquise pour le Rhin et la Meuse, on peut en conclure que l'utilisation de vals le long de la Loire est la mesure structurelle la plus efficace en matière de gestion des crues. D'autres mesures, notamment la fermeture et l'élévation des digues sur toute leur longueur, sont moins efficaces. Cela souligne la sagesse de la stratégie de gestion des crues adoptée pour la Loire.

Toutefois, il y a une condition importante pour que ce système de gestion des crues *reste* efficace au fil des années. Cette condition est que les aménagements dans les vals, notamment l'aménagement des habitations et des entreprises, soient limités afin de minimiser les dommages potentiels.

Au 20<sup>e</sup> siècle, il n'y a pas eu de fortes crues. Cela a abouti à un sentiment trompeur de sécurité dans les vals, à une sensibilisation moindre à la menace d'inondations (en dépit de la production de cartes de risque d'inondation) et à une attention moindre concernant l'entretien des infrastructures (en dépit des programmes de renforcement des digues dans les années 1920 et à partir de 1970). L'absence de fortes crues a également conduit à un aménagement substantiel d'habitations et d'entreprises dans les vals. Aujourd'hui, des questions de tout type sont soulevées concernant le système de gestion des inondations, notamment la question de savoir s'il faut viser ou non une réduction significative de la probabilité d'inondation dans les vals.

C'est dans ce contexte qu'en juin 1999, le rapport 'Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d'inondation par les crues fortes en Loire moyenne' (Réf. 5) a été produit, suivi en 2000 par un plan pour la Loire moyenne dans le cadre du 'Plan Loire Grandeur Nature' couvrant la période de 2000 à 2006.

Ce plan récent vise principalement à maintenir le réseau de vals. Il s'agit d'un choix global judicieux compte tenu de ce qui est présenté dans ce chapitre concernant l'efficacité des autres types de mesures. Un changement important vers d'autres types de mesures structurelles sera une entreprise coûteuse, car – comme indiqué ci-dessus – le système de vals est efficace. S'appuyer sur une série de vals est le meilleur choix global qui a été fait au 19<sup>e</sup> siècle et c'est encore le meilleur choix aujourd'hui.

La Figure 4-4 l'illustre davantage. Cette figure indique l'importance des vals en présentant la part du débit est 'écrêtée' et retenue dans les vals par rapport au débit total dans le fleuve. Il est aisé d'imaginer les conséquences importantes en cas de changement fort vers d'autres types de mesures structurelles.

Toutefois, il se pourrait qu'à un niveau *local*, d'autres types de mesures méritent plus d'attention dans le cadre du plan. Ce point sera développé dans les chapitres suivants.

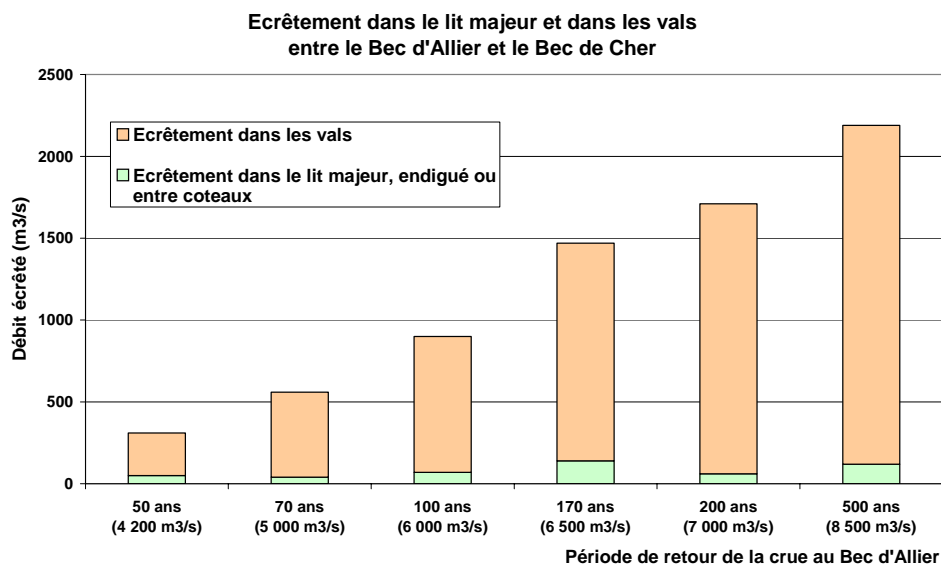


Figure 4-4 'Écrêtement' de l'onde de crue et retenue de l'eau dans les vals entre Bec d'Allier et Bec de Cher pour les différents débits fluviaux (Source : EP Loire, 2004 : Étude de la propagation des crues et risques d'inondation en Loire moyenne)

## 5 Stratégie de gestion des inondations en Loire moyenne

### 5.1 Brève présentation générale

Cette section donne une brève présentation d'ensemble de la politique générale relative à la gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Une description détaillée est fournie, ainsi que de nombreuses publications axées sur les différents éléments du plan et sur les différentes études qui forment la base du plan (voir la liste des Références).

La stratégie de gestion des inondations proposée en 1999 pour la Loire moyenne reflète la politique générale concernant la gestion des risques d'inondation liés à un événement naturel. La stratégie n'est pas seulement axée sur les mesures techniques traditionnelles comme la construction de réservoirs et de digues, mais prend également en considération les options visant à réduire la vulnérabilité des biens aux inondations, l'amélioration de la sensibilisation aux risques d'inondation, tout en améliorant les qualités fluviales, notamment l'environnement naturel, ses valeurs paysagères historiques et culturelles.

Évidemment, une approche intégrée de l'atténuation des dommages causés par les inondations nécessite de considérer des mesures à la fois non structurelles et structurelles, et la prise en compte de tous les aspects, notamment les aspects techniques, institutionnels, environnementaux, sociaux, etc. C'est clairement le cas dans la stratégie de gestion des inondations le long de la Loire moyenne.

L'objectif global de la stratégie est de limiter les dommages causés par les crues. En d'autres termes, la stratégie vise à réduire les risques d'inondation, soit en réduisant la fréquence des inondations, soit en réduisant les dommages causés par une inondation, soit les deux.

La stratégie globale comprend trois composantes, dont chacune comporte un ou plusieurs éléments :

1. la définition d'une base pour les mesures à long terme :
  - a) l'amélioration de la prévision des crues et de la gestion des crises ;
  - b) la recherche de moyens pour un développement durable dans les zones inondables ;
  - c) un programme pour restaurer une culture dans laquelle il y a une sensibilisation aux risques d'inondation ;
  - d) l'entretien régulier du lit du fleuve et des digues de la Loire ;
2. les améliorations du système de protection par levées et déversoirs :
  - a) l'homogénéisation des points bas sur les levées ;
  - b) le renforcement des pieds de levées en contact avec le lit mineur ;
  - c) le renforcement des banquettes et fiabilisation des fusibles de déversoirs ;
  - d) la protection des enjeux fréquemment et fortement inondés ;
3. la construction de déversoirs de sécurité ;
4. l'aménagement du barrage du Veurdre pour l'écêtement des pointes de crues.

On prévoit que la mise en œuvre de cette stratégie aboutisse à une protection contre les dommages substantiels dus aux inondations, comme ceux subis récemment, et à un niveau de protection de 1/200 par an dans les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion, dans lesquels se trouvent 75 % des enjeux le long de la Loire moyenne. Les coûts totaux s'élèvent à 500 millions d'€ environ.

Il est entendu que la stratégie améliore nettement la situation actuelle de gestion des inondations, mais ne peut pas garantir une protection complète contre les crues, dans laquelle il n'y aura jamais dans le futur de dommages causés par les inondations. Une protection absolue n'est pas possible, et cela est très bien compris. Il n'y a pas de limite supérieure à la quantité d'eau que le fleuve peut transporter en crue, alors que la faisabilité économique de la protection absolue est par définition faible. En conséquence, il restera toujours des risques d'inondation. Bien évidemment, il s'agit de savoir si la stratégie équilibre correctement ou non les coûts des investissements par rapport aux avantages de la gestion améliorée des inondations.

Les enjeux concernant les inondations sont considérables, comme illustré par le Chapitre 2 de ce rapport. Les dommages potentiels d'une crue importante sont estimés à 6 milliards d'€ (Réf. 5).

## 5.2 Commentaires sur la stratégie globale

### Base de la stratégie

Comme point de départ de la discussion sur la stratégie, nous soutenons fortement la base de la stratégie, à savoir la prise de conscience qu'il n'est pas possible de maîtriser toutes les crues. Par ailleurs, il est évident que des enjeux importants sont en jeu, et qu'il y a une pression sociale significative pour développer davantage les aménagements dans les vals, en augmentant ainsi les dommages potentiels causés par les inondations.

La stratégie repose sur le fait qu'en cas de crue sur le fleuve, le système des vals fonctionnera de manière à ce que les vals soient progressivement inondés. La stratégie vise à développer davantage ce système de gestion des inondations. C'est un choix judicieux. Il faut ajouter que le système de gestion des inondations de la Loire est un parfait exemple de la gestion des inondations le long de nombreux cours d'eau (sinon la plupart) en Europe.

Traditionnellement, le long du Rhin, aussi bien en Allemagne qu'aux Pays-Bas, il y a également eu des zones désignées dans le but d'être inondées en cas de crues, comparables aux vals le long de la Loire. Les digues le long de ces zones aux Pays-Bas ont été fermées sur le fondement de l'idée que plus les digues seraient élevées plus la probabilité d'inondation serait faible. Il en a résulté une situation 'binaire' : soit les digues fonctionnent bien, soit – dans le cas d'une crue plus forte que la crue de dimensionnement des digues – il y aura une catastrophe à grande échelle, au cours de laquelle il y aura des inondations *non maîtrisées* le long du fleuve. Le développement progressif d'une crue importante dans laquelle lentement et progressivement de plus en plus de vals seraient inondés de manière

maîtrisée – comme ce qui se produirait le long de la Loire – est malheureusement complètement absent le long du Rhin.

Au cours des dernières années, le Gouvernement des Pays-Bas a essayé de changer la gestion des inondations aux Pays-Bas dans le sens du système existant le long de la Loire. Cette tentative a malheureusement échoué, comme expliqué dans le Chapitre 6 de ce rapport.

### **Analyse sur laquelle la stratégie est fondée**

Ce rapport est trop limité pour permettre une évaluation détaillée de toutes les études récemment menées et qui sont le fondement de la stratégie de gestion des crues.

Les domaines d'application des études sont complets : l'hydrologie et l'hydraulique ont été étudiées en détail, et des évaluations détaillées ont été réalisées sur le potentiel de dommages causés par les crues, les aspects écologiques, etc. Ces études sont d'une qualité élevée. Par ailleurs, des sociétés de grande renommée ont réalisé les études, et des modèles hydrodynamiques ont été appliqués.

On peut peut-être observer qu'un grand nombre des études sont d'ordre technique, liées au génie civil, alors qu'il semble ne pas y avoir beaucoup d'études sur des thèmes comme la sensibilisation, le refus de croire à l'existence de risques d'inondation, l'aménagement durable, etc. Même si c'est le cas, on peut prétendre que ce n'est pas nécessairement un problème. Si aucun élément majeur ne manque dans la totalité des thèmes devant être traités dans l'analyse intégrée de la gestion des inondations (et c'est ce qui nous semble être le cas), ce n'est pas un problème si certains thèmes ont été étudiés plus en détail que ce qui pouvait être strictement nécessaire. Des études plus approfondies peuvent également être envisagées à titre d'investissement dans le futur.

Une question spécifique qui nous a été posée était de savoir si nous avions des commentaires sur le découpage entre les différentes unités hydrauliques qui étaient utilisés dans les études. Nous tendons à approuver ce découpage puisqu'il suit les frontières logiques entre les différents vals.

### **Mesures proposées et mesures non proposées dans la stratégie**

Les mesures proposées dans la stratégie couvrent la totalité des aspects, allant de l'amélioration de la sensibilisation parmi les habitants et des mesures d'entretien (sous l'intitulé 'base des mesures à long terme'), aux travaux généraux de protection (barrage du Veurdre), en passant par les travaux de protection locaux.

Cette série de mesures garantit un équilibre dans la gestion future des inondations. Si tous les efforts devaient être concentrés sur seulement un ou deux de ces trois composantes principales, un déséquilibre dans la gestion future des inondations pourrait quasiment être garanti.

Cependant, dans la présentation de la stratégie, il semble y avoir peu d'attention accordée aux mesures alternatives possibles. Il reste donc peu de place pour que les parties prenantes qui ne sont pas d'accord avec les éléments du plan prennent connaissance des alternatives et apprennent que les alternatives sont moins souhaitables que le plan proposé. Ceci permettrait de mieux comprendre et d'accepter le plan. Ce point est développé dans le Chapitre 5 de ce rapport.

## Niveaux de sécurité

Le plan mis en oeuvre offrira une protection contre des dommages substantiels causés par les crues et un niveau de protection de 1/200 par an dans les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion, dans lesquels se trouvent 75 % des dommages potentiels le long de la Loire moyenne. Pour les autres vals, le niveau de sécurité est inférieur, comme par exemple Gien, qui subit des dommages causés par les crues pendant une crue de 1/50 par an.

Il n'est pas évident de savoir s'il s'agit d'un niveau de protection optimal ou non. On pourrait se demander pourquoi ne pas réaliser un niveau de protection supérieur pour certains vals ou pourquoi ne pas cibler un niveau de sécurité inférieur pour d'autres vals.

L'équipe d'experts internationaux (Réf. 2) a observé que la France n'a pas de système dans lequel des normes de sécurité concernant les inondations sont définies pour différents types d'utilisation du sol (zones à forte densité de population, zones industrielles, villages, terres agricoles). Nous admettons qu'il serait souhaitable d'avoir ce système, mais en même temps, nous reconnaissons que la mise en place de ce système seulement pour le bassin de la Loire ne serait pas extrêmement productive. Même si l'aspect économique d'une telle analyse entraînerait des niveaux de sécurité considérablement supérieurs pour la Loire, il reste à savoir si le contribuable français serait disposé ou non à contribuer significativement aux investissements considérables qui seraient probablement nécessaires, si des évaluations similaires n'ont pas été effectuées pour d'autres bassins fluviaux en France.

Un autre point de vue concernant la question des niveaux de sécurité consiste à observer que la topographie de la Loire moyenne est telle qu'il est très probablement impossible d'atteindre finalement des niveaux de sécurité considérablement plus élevés, même si des investissements majeurs en termes d'infrastructure ont été effectués. L'augmentation du niveau de sécurité général en élevant toutes les digues ne semble pas réalisable. Les nombreux ponts (historiques dans une grande mesure) qui traversent le fleuve constitueraient un obstacle à cette stratégie car ils constitueraient un goulot d'étranglement pour des débits de crue plus élevés, contenus entre les digues. Si c'est le cas, nous observons que ce point peut être un argument important pour que les diverses communautés le long du fleuve soient très vigilantes concernant les aménagements ultérieurs dans les vals : ces aménagements augmenteront le potentiel de dommages, alors que, d'autre part, une réduction substantielle des probabilités d'inondation est quasiment impossible à obtenir.

Comme mentionné auparavant dans ce rapport, il n'y a qu'un seul moyen pratique pour garantir la réduction des débits de pointe en amont de la Loire moyenne. Cette option consiste à garantir un stockage accru des débits de pointe en amont. Celui-ci peut être réalisé par l'aménagement de barrages ou de vals supplémentaires, mais ces deux options seront difficiles à réaliser à l'époque actuelle.



Globalement, le plan identifie deux niveaux de sécurité pour la zone, le niveau le plus élevé (1/200 par an) étant celui des vals présentant le potentiel de dommages le plus élevé. D'un point de vue général, cette distinction des niveaux de sécurité semble être un choix judicieux. Cependant, des efforts considérables peuvent être et seront probablement nécessaires avant que les parties prenantes dans les vals les moins protégés acceptent entièrement cette différenciation des niveaux de sécurité.

### **Définition des priorités entre les différents éléments du plan de gestion des inondations en Loire moyenne**

La Section 3.5.1 du plan (Réf. 5) indique le classement par ordre de priorité des différents éléments du plan. Ce classement est le suivant :

1. donner une impulsion à l'aménagement durable ;
2. restaurer une culture de sensibilisation aux risques ;
3. définir des améliorations pour la gestion des crises ;
4. améliorer la stabilité des digues existantes, afin d'empêcher la formation non maîtrisée de brèches ;
5. classer par ordre de priorité les améliorations des sites présentant des inondations très fréquentes et graves ;
6. aménager le réservoir du Veurdre.

Cette définition des priorités nous semble logique. La restauration d'une culture du risque est prioritaire : elle permettra de garantir la minimisation d'une augmentation ultérieure des enjeux exposés. La gestion des crises doit être la première des priorités car il y a toujours une probabilité d'inondation et de dommage, et l'angoisse, l'anxiété et les dommages peuvent être minimisés, à condition que cette crise soit correctement gérée. La définition de points faibles dans les digues existantes est également la priorité des priorités : la formation non maîtrisée de brèches doit être évitée dans la mesure du possible puisqu'elle créerait considérablement plus de dommages qu'une inondation maîtrisée. C'est parce que l'apparition d'une brèche entraînerait une admission d'eau très supérieure à une admission maîtrisée, causant des dommages importants inutiles (et éventuellement la perte de vies humaines puisque les délais d'intervention seraient relativement réduits dans le cas d'une brèche). Il en est de même pour les améliorations sur les sites qui sont fréquemment ou profondément inondés.

L'ouvrage écrêteur du Veurdre est une mesure technique importante car il a un effet positif sur les débits de pointe en aval : toute la Loire moyenne bénéficiera des effets cet ouvrage. Il est nécessaire de bien comprendre, toutefois, qu'après l'achèvement de l'ouvrage du Veurdre, la probabilité d'inondation sera toujours significative. C'est pourquoi le plan définit des priorités pour les mesures liées à ce qu'on appelle 'la base de l'aménagement à long terme', à savoir l'amélioration de la sensibilisation aux risques, les plans de gestion des crises, la stabilisation des digues, etc., et nous sommes totalement d'accord avec ce choix.

On pourrait noter que cette liste de mesures prioritaires n'est pas très spécifique à chaque mesure. Par exemple, il n'est pas précisé pour quels emplacements exacts les mesures sont proposées. Ce manque d'information spécifique peut entraver l'acceptation du plan et/ou empêcher sa mise en œuvre. Ce point est développé au Chapitre 6 de ce rapport.

## 5.3 Commentaires sur certains éléments du plan

### Compartimenter les fusibles des déversoirs ?

Le plan fait référence à un déversoir sur le Val d'Orléans. Ce déversoir comporte une longue section fusible susceptible d'être érodée, de 500 m de long, avec une hauteur de 1,6 m environ. Dans le cas où ce déversoir serait activé, nous prévoyons que l'érosion de la partie supérieure augmenterait rapidement le débit entrant. Il est possible que de cette manière la quantité d'eau déviée soit supérieure à la quantité strictement nécessaire pour la gestion optimale des crues. Si c'est le cas, il pourrait être judicieux de légèrement adapter cette structure, de manière à ce qu'un certain nombre de compartiments (5 par exemple), dans la partie du déversoir susceptible d'être érodée soient créés, séparés par une simple paroi fixe (en acier ou en béton). Les divers compartiments auraient chacun une hauteur de crête différente, avec des différences de 5 à 10 cm environ. Si le compartiment le plus bas s'érode en premier, les compartiments suivants ne seraient activés que si le niveau de crue dans le fleuve était suffisamment élevé. De cette manière, le débit dévié pourrait être légèrement mieux géré qu'avec la conception actuelle. La légère différence entre les hauteurs de crête des différents compartiments nécessite un entretien précis pour compenser les dommages causés sur la crête, l'affaissement, etc.

### Options pour remplacer les fusibles ?

Il nous a été demandé d'expliquer les idées visant à remplacer la partie susceptible d'être érodée (fusible) au niveau des déversoirs par des dispositifs mobiles. Dans ce qui suit, nous ferons référence aux dispositifs mobiles, comme les *petites* vannes. Nous utilisons le terme petites vannes, parce que nous notons également la possibilité de remplacer le fusible par une vanne sur toute la hauteur de la digue existante. Pour finaliser les options relatives aux ouvrages d'entrée, nous devons également mentionner la possibilité de remplacer le fusible par une portion de digue fixe ne pouvant pas être érodée. Globalement, nous constatons les options suivantes pour les ouvrages d'entrée plus ou moins disposés dans l'ordre dans lequel il y a de plus en plus de technologies appliquées :

1. Une portion fixe de digue ne pouvant pas être érodée, construite précisément au niveau où l'eau commence à s'écouler sur cette portion de digue lorsqu'un débit entrant dans le val est prévu. Afin d'éviter les effets de remous, il se peut que cette portion de digue doive être considérablement plus longue qu'un fusible, probablement de l'ordre du kilomètres en longueur.
2. Un déversoir avec un fusible en partie haute haut, comme dans la situation existante.
3. Une petite vanne localisée dans la partie supérieure du déversoir, pour remplacer le fusible.
4. Une vanne sur toute la hauteur de la digue. Cette vanne offre une grande capacité de dérivation, la longueur de cet ouvrage peut donc être considérablement inférieure à celle d'un fusible. En d'autres termes : cet ouvrage peut être plus compact que les options 2 ou 3.

On peut trouver des exemples sur de nombreux sites illustrant nombre des types d'ouvrages d'entrée ci-dessus, la direction du débit dans certains exemples étant opposée à celle d'une dérivation fluviale. Par exemple, aux Pays-Bas, des fusibles ont été construits pour drainer (et non pas inonder) les polders en cas d'inondation accidentelle du polder. On trouve également aux Pays-Bas des portions fixes de digues ne pouvant pas être érodées, mais elles sont construites de manière à guider le débit dans le fleuve pour aider à la navigation commerciale.

Nous ne connaissons pas d'exemples où de petites vannes en haut des déversoirs sont utilisées comme des ouvrages d'entrée. Cependant, la technologie de ces ouvrages semble aisément accessible. Cette vanne peut se déplacer verticalement ou peut pivoter avec une articulation soit en haut, soit en bas. Le fonctionnement peut être manuel ou complètement automatique.

Les études sur les bassins de retenue possibles le long des affluents du Rhin aux Pays-Bas (Réf. 31) ont analysé en détail la question portant sur la préférence à accorder aux types d'ouvrages d'entrée ci-dessus. De nombreux aspects ont été étudiés, notamment les aspects hydrauliques, morphologiques, opérationnels et d'entretien, la sensibilité de l'ouvrage aux défaillances, la souplesse de l'ouvrage dans des circonstances hydrauliques variables, et les aspects en termes de coût.

Pour le Rhin, il a été conclu qu'une entrée fixe n'est en fait pas une alternative faisable : la longueur de l'ouvrage devrait être de 7 km afin de dériver 1 000 m<sup>3</sup>/s sans trop d'effet de remous. Étant donné la pente plus importante de la Loire, une longueur inférieure pourrait être suffisante, mais néanmoins plusieurs kilomètres pourraient être nécessaires. Cela ne semble pas être possible.

Un ouvrage à vanne sur toute la hauteur de la digue présente l'avantage d'être compact par rapport à une série de petites vannes en haut de la digue. Par rapport à un fusible, les ouvrages à vanne présentent l'avantage important de permettre une maîtrise accrue pendant toute la durée exacte du débit entrant, ainsi que sur la quantité de débit entrant dans le val. Les dommages dans le val causés par les crues peuvent ainsi être minimisés.

Un des inconvénients importants des ouvrages à vanne par rapport aux fusibles est leur entretien nécessaire. L'ouvrage doit être conservé à l'état propre, peint et graissé pendant de nombreuses années sans être effectivement utilisé. Avec la faible fréquence d'utilisation des entrées, il est facile d'imaginer que les autorités peuvent ne plus prêter attention à cet entretien. Cependant, sans cet entretien, l'ouverture appropriée de la vanne ne sera pas garantie, et il peut en résulter des catastrophes sur d'autres sites.

Enfin, les ouvrages à vannes ont pour inconvénient important par rapport aux fusibles, les actes possibles de vandalisme, voire de sabotage. Pendant une inondation, les émotions peuvent être très vives. Un opérateur courageux sera nécessaire pour résister à la pression des parties prenantes au niveau local et ouvrir la vanne au moment requis. Il n'est pas impensable que les forces opposées à l'ouverture de la vanne se tournent vers des actes de violence ou de sabotage afin d'empêcher l'ouverture des vannes. En fin de compte, il sera toujours relativement facile d'empêcher l'ouverture des vannes en bloquant le mécanisme d'une manière ou d'une autre, même si le mécanisme d'ouverture est complètement

automatique. Cette possibilité soutient le choix en faveur d'un ouvrage d'entrée qui peut être activé sans opérateur et qui ne peut pas être dégradé par des actes de vandalisme.

Dans ce contexte, il est utile de mentionner les événements qui ont eu lieu pendant la crue de 1937 le long du Mississippi, entre la ville de Cairo et le confluent de la Red River. Plusieurs sections de digues à cet emplacement peuvent être dynamitées pour dévier l'eau du fleuve pendant des situations de débit extrême. Le 25 janvier 1937, les autorités ont donné l'ordre aux habitants d'évacuer car elles avaient l'intention de dynamiter une de ces digues. Des hommes armés de fusils se sont rassemblés au niveau de la digue fusible pour empêcher les ingénieurs de l'ouvrir. La Police de l'État du Missouri et les unités de la Garde Nationale ont fait évacuer la digue protectrice, et la digue fusible a été dynamitée.

Globalement, il nous est difficile de donner un avis général en faveur ou contre un type spécifique d'ouvrage d'entrée. Le remplacement des fusibles existants par des ouvrages d'entrée à vanne nécessite, selon nous, une analyse plus détaillée portant en particulier sur la question de savoir si l'avantage des ouvrages à vanne (meilleure maîtrise du débit d'eau et choix du moment de ce débit entrant) l'emporte sur les inconvénients importants, en particulier la question de la garantie ou non de l'entretien pendant des périodes prolongées, et de la difficulté possible de gestion de l'ouvrage en période de crues, face à l'opposition locale exprimée contre l'ouverture des vannes.

## 6 Mesures éventuellement adaptées au plan de gestion des inondations en Loire moyenne

Le chapitre précédent a conclu que le plan de gestion des inondations pour la Loire moyenne n'offre pas beaucoup d'informations sur les alternatives possibles aux mesures proposées dans le plan. La Réf. 5 apporte des informations sur les alternatives possibles, mais ce n'est pas le cas de la Réf. 8.

L'acceptation totale du plan par l'ensemble des parties prenantes est essentielle pour sa mise en oeuvre sans difficulté. Un des éléments nécessaires à l'obtention de cette acceptation repose sur le fait que tous les particuliers, toutes les associations ou les acteurs publics opposés au plan ou à une seule composante du plan, chercheront des réponses à leurs idées de mesures alternatives.

Exemples de cette interaction avec les parties prenantes dans la gestion des crues le long d'autres fleuves :

1. Le renforcement des digues le long des bras du Rhin aux Pays-Bas, lancé dans les années 1960. Il a fallu une inondation évitée de justesse en 1995 et l'évacuation de plus de 200 000 personnes pour finalement parvenir à un accord complet sur la mise en oeuvre des mesures impliquées. La discussion sur ce renforcement des digues s'est poursuivie pendant 30 ans. Dans une grande mesure, la cause de ce désaccord entre les agences gouvernementales et la population concernait la manière dont était proposé le renforcement des digues, qui s'avérait impossible à accepter par la population (locale). Avec le recul, on peut affirmer que si on avait prêté plus d'attention, plus tôt dans le processus de planification, aux alternatives proposées par les parties prenantes, le processus de prise de décision aurait rencontré moins d'obstacles.
2. Le projet intitulé "Room for the River" (De l'espace pour la rivière) le long des bras du Rhin aux Pays-Bas a pour objectif de gérer en sécurité un débit de 16 000 au lieu de 15 000 m<sup>3</sup>/s. La stratégie consiste à s'appuyer sur l'élargissement et l'approfondissement du fleuve, avec l'élévation des digues en dernier recours uniquement. Dans le processus de planification, environ 700 mesures individuelles au total ont été identifiées et étudiées, notamment de nombreuses options non proposées par le gouvernement, mais par les agences locales de l'eau, les provinces, les villes et les citoyens. Chacune de ces idées a été étudiée au même niveau de détail, et chaque idée a été entièrement incluse dans le processus afin de parvenir à un accord entre les autorités gouvernementales et locales sur les mesures à proposer dans une évaluation des impacts environnementaux. Ce processus de conclusion d'un accord sur les projets à mettre en oeuvre s'est déroulé sans problème, et il est bien reconnu qu'un élément important de la conclusion de cet accord a été la prise en considération sérieuse de chaque mesure alternative dans les études et les discussions

Sur la base de ce qui précède, nous recommandons que dans le processus futur visant à parvenir à une politique générale finale, des informations soient également fournies sur les mesures alternatives possibles. Cela ne signifie pas que les mesures alternatives sont meilleures que les mesures proposées dans le plan. Au contraire, nous espérons qu'il n'y aura pas de meilleures alternatives disponibles, car si c'était le cas, cela signifierait qu'en fait le plan n'est pas optimal. L'idée au contraire est qu'une suggestion concernant une mesure alternative soit prise en considération par les analystes, suivie d'une explication approfondie des effets positifs et négatifs de ces alternatives. Lorsque cette explication dit clairement pourquoi une certaine idée a de nombreux inconvénients, pourquoi une certaine idée ne peut pas être mise en œuvre, ou pourquoi une certaine idée est excessivement coûteuse, cette idée ne bouleversera plus les discussions concernant le plan.

C'est dans ce contexte et cet esprit que ce chapitre revient sur la longue liste de types de mesures présentée au Chapitre 3 de ce rapport et explore les alternatives au plan qui peuvent être identifiées. La numérotation ci-dessous des types de mesures est identique à celle du Chapitre 3.

Mesures non structurelles axées sur la réduction des dommages causés aux biens existants :

1. *La suppression des enjeux susceptibles de subir des dommages causés par les crues* dans les vals, c'est-à-dire les habitations, les exploitations agricoles, les entreprises, les routes et les voies ferrées. Nous pensons qu'il est facile de prouver que le coût de cette suppression est très élevé par rapport à la Valeur Actualisée Nette (VAN) de la réduction des dommages causés par les inondations qui peut être obtenue avec cette suppression.
2. *La protection contre les inondations des bâtiments existants* dans les vals, notamment les habitations, les bâtiments agricoles et les entreprises. Le plan de gestion des inondations pour la Loire moyenne inclut cette option, mais les mesures concrètes à inclure dans le plan ne sont pas très claires à ce stade.
3. *La protection contre les crues des réseaux de distribution* des services publics, notamment les réseaux de distribution de l'électricité, de l'eau potable, des eaux usées, du téléphone, de la TV par câble, etc. Le plan de gestion des inondations inclut cette option, mais les mesures concrètes à inclure dans le plan ne sont également pas très claires à ce stade.
4. *L'annonce des crues*, de manière à mieux protéger les biens et les personnes dans le cas où l'inondation des vals serait prévue. Le plan de gestion des inondations propose un système d'alerte en tant qu'élément du plan.
5. *L'amélioration des plans de gestion des crises, notamment les plans d'évacuation*. Sous l'intitulé 'amélioration de la gestion des crises', ce thème est inclus dans le plan en tant qu'un des éléments de première priorité.
6. *L'amélioration de la sensibilisation*. Sous l'intitulé 'restauration d'une culture du risque', cette option est incluse en tant qu'un des éléments de première priorité du plan.
7. *L'amélioration de l'aménagement de bassins versants*, notamment leur aménagement forestier, afin de réduire les pointes de crues. En faisant référence aux nombreuses

études réalisées sur ce thème au niveau mondial, on peut expliquer aux parties prenantes que le reboisement du bassin versant a un effet très limité voire nul sur les pointes de crues pendant les événements extrêmes.

Mesures axées sur la minimisation des dommages liés aux aménagements futurs :

8. *La mise en place d'une interdiction sur les nouveaux aménagements* dans les vals, notamment les nouvelles habitations, les nouveaux bâtiments agricoles et les nouvelles entreprises. Cette mesure a été essayée dans le passé le long de nombreux fleuves, et elle s'est avérée difficile à maintenir après de nombreuses années sans cas d'inondation. Une interdiction est mise en place le long de la Loire moyenne.
9. *La protection contre les inondations des nouveaux bâtiments* dans les vals. Le plan de gestion des inondations de la Loire moyenne inclut cette option, en faisant référence à la Loi sur la Prévention des Risques. Une obligation légale impose aux nouvelles constructions dans les zones urbaines de placer le premier étage 0,5 m au-dessus du niveau du sol, de construire (au moins) un étage au-dessus du niveau de crue, et de disposer d'une issue de secours (une fenêtre) à cet étage supérieur. Le remplacement des constructions dans les zones rurales doit également respecter ces règles. Ces règles permettent clairement d'atténuer les dommages causés par les crues.

Mesures structurelles pour réduire les débits de crue :

10. *La construction d'ouvrages écrêteurs de crues en amont de la Loire moyenne*, dans le but de réduire les débits de pointe dans le fleuve. La construction du barrage du Veudre est un élément important du plan. Il peut être utile de préciser aux parties prenantes qu'il n'y a pas d'options pratiques pour l'aménagement de réservoirs supplémentaires.
11. *La construction de bassins de retenue (en fait, de vals supplémentaires) en amont de la Loire moyenne*, dans le but d'écarter la pointe de l'onde de crue dans le fleuve. Une étude en 1996 sur les options relatives aux vals supplémentaires entre Villerest et Nevers a conclu que compte tenu de la pente du fleuve, il n'y a pas d'options pratiques pour la réalisation de vals supplémentaires en amont de Nevers, dans lesquelles les avantages (réduction du niveau de crue) l'emporteraient sur les coûts engagés. Il peut être utile d'expliquer très clairement les résultats de cette étude aux parties prenantes.

Mesures structurelles dans le but de mieux accueillir les débits de crue :

12. *L'élévation et le renforcement des digues existantes* le long de la Loire moyenne. D'après nous, le plan doit souligner les conséquences de l'augmentation substantielle de la hauteur et de la résistance des digues en alternative à l'utilisation des vals pour le stockage des crues. L'idée de ne plus inonder les vals plaît a priori à de nombreux habitants, et le plan doit clairement démontrer pourquoi cet aménagement n'est pas une bonne alternative, soit parce qu'il n'est pas économiquement faisable, soit parce qu'il n'est pas techniquement faisable (par exemple parce que les ponts au-dessus du fleuve seraient un obstacle à cet aménagement).
13. *L'éloignement des digues par rapport au chenal d'étiage*. Le plan ne semble pas aborder cette option. Nous suggérons d'étudier des options visant à éloigner localement les

digues du chenal d'étiage. Cet éloignement aboutirait à une capacité d'écoulement supérieure entre les digues et en conséquence à une inondation plus rare des vals par les crues. Cependant, nous ne pouvons pas exclure que l'effet net du recul des digues peut être négatif du point de vue hydraulique, compte tenu de l'intérêt de l'écrêtement dans les vals.

14. *La création de bassins de retenue supplémentaires (vals) le long de la Loire moyenne.* Il y a des digues sur quasiment toute la longueur de la Loire moyenne, on peut donc facilement expliquer qu'il n'y a pas plusieurs options pour ce type de mesure. Deux exemples peuvent être mentionnés, dans lesquels il peut être envisagé de créer un val supplémentaire : à proximité de Bec d'Allier et de St. Brisson (Briare Gien).
15. Le changement du profil des digues autour de tout ou partie des vals en *digues horizontales*. Nous suggérons d'étudier les effets et les conséquences de cette option, notamment une augmentation potentielle des dommages causés par les crues dans le val en raison d'une augmentation de la profondeur des crues dans le val. Le val d'Ouzouer, où cette mesure paraît faisable, est mentionné à titre d'exemple : soit en changeant le profil des digues autour du val, soit en construisant de nouvelles digues à l'intérieur du val (un val à l'intérieur d'un val, pour ainsi dire). Cours les Barres (rive gauche) et La Charité (rive gauche) peuvent également être des vals où ce type de mesure paraît faisable. Pour d'autres emplacements, une étude supplémentaire pourrait indiquer s'il s'agit ou non d'une option prometteuse.
16. La division des vals existants en compartiments plus petits au moyen de digues supplémentaires. Nous soupçonnons que de nombreuses parties prenantes puissent suggérer cette option. Le plan ne semble pas traiter cette possibilité, et le fait de savoir si cette option est prometteuse ou non n'est donc pas encore établi. Nous suggérons de l'étudier, ainsi que les aspects négatifs comme l'augmentation des dommages dus à l'augmentation des profondeurs des crues.
17. *La fermeture des vals qui sont en permanence ouverts* sur le chenal d'étiage, afin de mieux écrêter la pointe de l'onde de crue du fleuve. Deux sites potentiels nous ont été suggérés : (1) à La Charité, au nord de la RN151 sur la rive gauche du fleuve, où il y a une ouverture de plusieurs kilomètres de longueur, et (2) à Gien, immédiatement en aval du pont sur la rive gauche, où il y a également une ouverture de plusieurs kilomètres de longueur. Nous suggérons d'étudier les effets de la fermeture de ces ouvertures et éventuellement d'autres ouvertures permanentes et de l'installation d'un ouvrage d'admission. Cet aménagement pourrait aboutir à des niveaux de crue supérieurs pendant des crues relativement faibles, mais il est possible de les éviter si une vanne mobile doit être installée. Si l'ouverture permanente s'explique parce qu'un affluent se jette dans la Loire, une vanne d'évacuation qui se ferme pendant les niveaux fluviaux élevés peut être installée.
18. *La suppression des obstacles hydrauliques* dans le lit du fleuve entre les digues. Un contrôle détaillé du profil du fleuve peut indiquer des emplacements où il est utile de supprimer un obstacle qui empêche l'écoulement. Nous suggérons d'étudier cette option. Si cette option s'avère être bonne, cette option sera très probablement peu controversée.



19. *L'aménagement de canaux latéraux et le creusement de plaines d'inondation.* Il nous semble que le plan ne traite pas de cette option, bien que la (Réf. 13) indique que de nombreux emplacements possibles pour cette mesure ont été étudiés. À partir de l'expérience acquise ailleurs, on sait qu'il s'agit d'une option relativement onéreuse (le Rhin), sauf extraction et commercialisation du sable et du gravier (la Meuse). Dans tous les cas, nous suggérons d'expliquer aux parties prenantes s'il s'agit d'une bonne option ou non.
20. *L'aménagement de by pass ('green rivers'<sup>1</sup>) le long des sections de la Loire moyenne.* Il semble y avoir plusieurs options disponibles le long de la Loire, notamment le by pass existant à Blois (où les propriétés bâties sont en cours d'acquisition derrière le déversoir de la Bouillie), et en aval de Tours sur le Vieux Cher. Ces options peuvent être évoquées dans des discussions jusqu'à ce qu'elles soient traitées dans le plan. Nous suggérons donc que le plan aborde cette idée.

Mesures ayant pour but d'entretenir les infrastructures existantes de gestion des crues :

21. *La réalisation de travaux pour garantir la stabilité des digues existantes.* Ce type de mesure est – pour de bonnes raisons – un élément de première priorité du plan.
22. *La réalisation de travaux pour garantir le fonctionnement approprié des déversoirs d'admission dans les vals.* Cette mesure est incluse dans le plan. Un exemple de cette mesure est la manière dont l'extraction de sable dans la Loire a réduit les niveaux de crue de telle sorte qu'au lieu d'une inondation du val d'Orléans pendant une crue de 1/150, le déversoir de Jargeau ne fonctionnera maintenant que pour une crue d'une probabilité de 1/500 ans (Réf. 5). Un aspect négatif important de cette mesure est que la ville d'Orléans, dont le déversoir assure notamment la protection, est moins bien protégée contre les crues. Le plan a pour but de corriger cet aspect, avec l'objectif de parvenir à un meilleur équilibre des fréquences d'inondation des différents vals.
23. *L'entretien du chenal d'étiage et de la zone entre la digue et le chenal d'étiage.* Cette mesure sera très probablement traitée dans la deuxième phase de l'étude de la Loire moyenne. La mesure permettrait de limiter l'accumulation de sédiments, qui pourrait aboutir à des niveaux de crue inutilement élevés. La croissance maîtrisée de la végétation est également une activité d'entretien importante – mais très souvent controversée. Nous suggérons également d'étudier des options pour un abattage régulier de la forêt des plaines d'inondation, afin de réduire la rugosité hydraulique. Cet abattage peut être en accord avec des idées sur le rajeunissement cyclique, comme proposé par l'Université Radbout à Nijmegen.

Globalement, nous n'attendons pas de miracles de la liste des mesures alternatives ci-dessus, même s'il est possible d'identifier de nouvelles mesures qui s'avéreront prometteuses et acceptables par l'ensemble des parties prenantes.

La raison essentielle pour laquelle nous suggérons d'examiner des mesures alternatives est que les informations nécessaires soient fournies aux participants aux discussions sur le plan, afin de les convaincre sur les raisons pour lesquelles une certaine mesure est une bonne idée ou non. Cette approche pourrait peut-être être intéressante pour l'étude du Val d'Orléans qui va être engagée prochainement par la DIREN Centre.

---

<sup>1</sup> - *Chenal de dérivation artificiel pouvant être valorisé sur le plan écologique*

D'après notre expérience avec des études similaires pour le Rhin, la Meuse et le Mississippi, le processus de conclusion d'un accord sur les plans de gestion des inondations rencontre considérablement moins d'obstacles si les études apportent des réponses à toutes les idées produites par les parties prenantes. Ce point est développé dans le chapitre suivant de ce rapport, axé sur le processus de mise au point d'une politique générale.

## 7. Vers une politique générale pour la gestion des inondations le long de la Loire moyenne

### 7.1 Généralités

À ce stade, il semble y avoir un accord entre toutes les parties prenantes concernant la stratégie de gestion des inondations pour la Loire moyenne, en particulier pour les mesures planifiées pour la période allant de 2001 à 2006. Pour la période allant de 2007 à 2013, il n'y a pas encore d'accord sur les mesures à prendre exactement et le moment où elles doivent l'être. Les difficultés rencontrées reposent sur le sentiment que les composantes du plan sont trop nombreuses et qu'un accord sur les priorités n'a pas encore été conclu. Par ailleurs, un plan détaillé expliquant comment faciliter et maîtriser la mise en œuvre du plan n'est pas encore disponible.

Ce chapitre apporte des suggestions pour aider à conclure cet accord, qui devrait prendre la forme d'une politique générale, détaillant un plan d'action formellement convenu par toutes les parties concernées.

Quatre éléments sont importants pour qu'un plan soit convenu et mis en œuvre de manière réussie :

1. L'initiateur du plan doit avoir une *mission*, et idéalement, il doit y avoir un sentiment d'urgence sur le problème présenté.
2. Il doit y avoir une *vision* acceptée sur la manière de réaliser cette mission, et il doit y avoir peu de désaccord, voire pas de désaccord, entre les parties prenantes, concernant cette vision.
3. Il doit y avoir des *objectifs* clairs que le plan doit atteindre. Ces objectifs suffisamment clairs pour qu'ils puissent être appliqués dans l'analyse en soutien au plan.
4. Il doit y avoir des *mesures* concrètes disponibles pour réaliser le plan, et il doit y avoir un accord entre les parties prenantes concernant la mise en œuvre de ces plans.

Dans le cas de la gestion des inondations le long de la Loire moyenne, les initiateurs doivent clairement être l'Etat et l'EP Loire. Il ne semble pas y avoir de désaccord sur le fait que la gestion des inondations le long de la Loire moyenne doit être traitée au niveau du bassin fluvial.

L'Etat et l'EP Loire semblent bien connaître l'urgence de l'amélioration de la situation de la gestion des inondations. De nombreuses autres parties prenantes semblent toutefois ne pas avoir ce sentiment d'urgence. À partir du nombre considérable de nouvelles habitations et entreprises autorisées à se développer par les communes dans la plaine d'inondation au cours des dernières décennies, on peut également conclure à une crise imminente.

Il y a une vision claire de la gestion des inondations formulée dans le plan de gestion des inondations, à savoir une vision de développement durable et pour soutenir cet aménagement, la vision s'oriente sur les

améliorations de la gestion des inondations le long de la Loire moyenne. Dans l'ensemble, les parties prenantes semblent accepter cette vision globale.

Nous ne sommes pas certains qu'il y ait des objectifs opérationnels suffisamment clairs pour le plan de gestion des inondations. Le plan comprend un ensemble de mesures individuelles, mais les *objectifs* exacts que ces mesures doivent atteindre demeurent moins précis. Nous suggérons que ce point soit clarifié dans un futur proche. La Section 7.2 ci-dessous développe les objectifs.

Ce qui manque à ce stade, c'est un accord sur les mesures exactes à sélectionner et à mettre en œuvre. Il s'agit de savoir comment parvenir à une politique générale, acceptée par toutes les parties prenantes et définie dans des accords formels, notamment un délai pour sa mise en œuvre, une clarification de la responsabilité de toutes les parties engagées, et – bien sûr – une précision sur le financement des mesures individuelles.

## 7.2 Suggestions pour parvenir à une politique générale

Cette section comprend un certain nombre de suggestions, en vue de parvenir à définir une politique générale.

### Préciser les objectifs

Des objectifs opérationnels clairs et acceptés sont une nécessité absolue pour qu'un plan de gestion des inondations soit accepté par toutes les parties prenantes. Le terme 'clairs' désigne des 'objectifs opérationnels', c'est-à-dire des objectifs qui peuvent être utilisés par les analystes et les parties prenantes pour déterminer si une mesure individuelle ou une stratégie (combinaison de mesures) permettra réellement ou non de respecter tout ou partie des objectifs de la gestion des inondations.

Plusieurs exemples d'autres fleuves peuvent être présentés ici :

- Aux Pays-Bas, les objectifs en matière de gestion des inondations sont fixés par la loi en termes de probabilité de dépassement de certains débits de crue et niveaux d'eau associés (allant de 1/1 250 par an pour les fleuves à 1/10 000 par an pour la région côtière). À noter que l'objectif est spécifié en termes de probabilités de débit, ce qui n'est pas identique aux fréquences des inondations (voir également l'Annexe C de ce rapport). Pour les analystes et les parties prenantes, il est relativement facile de déterminer les mesures nécessaires pour atteindre cet objectif.
- La Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a défini un Plan d'Action pour la gestion des crues le long du Rhin. Les objectifs de ce plan sont une certaine réduction des niveaux de crue à différents points le long du Rhin. Ces objectifs ne sont pas entièrement 'opérationnels'. Par exemple : un des objectifs de ce Plan d'Action est une réduction des niveaux de crue de 40 cm à la frontière entre les Pays-Bas et l'Allemagne. Malheureusement, il est moins évident de savoir s'il s'agit pour les Pays-Bas d'élargir et/ou d'approfondir le fleuve de manière à obtenir une réduction des niveaux de crue à la frontière, ou s'il s'agit pour l'Allemagne d'aménager un réservoir ou des zones de retenue (vals) pour obtenir une réduction du débit de manière à réduire le niveau de crue.

Pour la gestion des inondations le long de la Loire, il y aurait plusieurs moyens de formuler ces objectifs. On peut penser aux *exemples* suivants (et d'autres alternatives peuvent être mentionnées) :

1. un objectif qui spécifie un certain niveau de protection (fréquence des inondations) pour chaque val. Cette fréquence peut être basée sur ce qu'on considère être une fréquence d'inondation acceptable pour les zones principalement rurales, les zones industrielles et les zones urbaines. Si les objectifs sont spécifiés de cette manière, les mesures peuvent être sélectionnées selon les coûts minimum par exemple ;
2. un objectif qui spécifie que les avantages de la réduction des niveaux de crue sont supérieurs aux coûts des mesures. Les avantages sont évidemment en termes de réduction des dommages annuels prévus causés par les crues. Ces avantages peuvent inclure les dommages matériels directs, mais également les dommages indirects, et les avantages en termes d'équivalent financier pour les sentiments d'angoisse et d'anxiété ;
3. un objectif pour optimiser les avantages (réduction des dommages causés par les crues) pour un certain budget total du projet ;
4. un objectif selon lequel le plus grand débit fluvial connu récemment ne causera pas de dommages après la mise en œuvre des mesures. C'était l'objectif de la gestion opérationnelle des crues aux Pays-Bas jusque dans les années 1950.

Il se peut que le plan de gestion des inondations de 1999 ait suivi *implicitement* l'ensemble des objectifs comme spécifié ci-dessus au point 1. Cependant, le plan de 1999 peut également être interprété d'une autre manière. La Réf. 5 explique que la mise en œuvre du plan entraînera une protection contre des dommages substantiels dus aux inondations comme ceux subis récemment, et un niveau de protection de 1/200 par an dans les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion. Si le plan est lu de cette manière, ce niveau de protection est le *résultat* de l'ensemble des mesures, et n'a pas été utilisé en tant qu'objectif avant la sélection des mesures. Quiconque lit ce rapport de manière à ce que ces niveaux de protection soient le résultat des mesures au lieu des objectifs peut lancer une discussion prolongée sur l'ensemble des mesures sélectionnées. Il est suggéré que soient spécifiés clairement les objectifs définis avant la sélection des mesures, et conclu un accord avec les parties prenantes sur les objectifs. Un accord avec les parties prenantes sur les objectifs permettrait – d'après nous – non seulement d'obtenir directement un accord sur les mesures qui doivent être incluses dans le plan et celles qui ne doivent pas l'être, mais cet accord contribuerait également à parvenir à un autre accord sur la définition des priorités entre les mesures.

### **Comment communiquer sur les probabilités d'inondation vers le grand public ?**

Le grand public ne comprend souvent pas complètement les discussions sur les probabilités d'événements rares comme les crues, et cette incompréhension contribue à un sentiment limité d'urgence de l'action. Dans le cas où l'inondation précédente aurait eu lieu il y a très longtemps, comme dans le cas de la Loire où les crues importantes ont eu lieu au 19<sup>e</sup> siècle, le sentiment dominant semble être que les 'inondations appartiennent au passé' et que 'leur probabilité est si faible que nous n'avons pas à nous inquiéter'. Un facteur qui semble expliquer ce sentiment est que le grand public a des difficultés à gérer les faibles probabilités, même si les conséquences peuvent être importantes.

Cette difficulté est à son tour liée à la manière dont les autorités et les experts concernés discutent des inondations. Les rapports et les brochures sur le plan de gestion des crues présentent les probabilités d'inondation en termes de périodes de récurrence : les crues avec une période de récurrence de 100 ans, 500 ans, etc. Il est évident pour les experts que ceci ne doit pas être interprété comme signifiant 'la

prochaine crue aura lieu dans 100 ans ou 500 ans', mais de nombreuses personnes interprètent les périodes de récurrence de cette manière.

Il est suggéré de ne plus utiliser le terme de période de récurrence et d'utiliser à la place la probabilité qu'une certaine crue puisse apparaître pendant une vie de 80 ans. Une crue avec des périodes de récurrence de 100 ans devra alors être formulée comme étant 'une crue avec une probabilité d'apparition de 55 % au moins une fois dans une vie'<sup>2</sup> Une période de récurrence de 500 ans se traduirait par une probabilité d'apparition de 15 % au moins une fois dans sa vie. On peut ajouter qu'il y a une probabilité de 19 % qu'une crue de 1/100 par an apparaisse deux fois dans une vie, et une probabilité de 1 % qu'une crue de 1/500 par an apparaisse au moins deux fois dans une vie, etc. La formulation des probabilités de cette façon pourrait sans doute permettre aux personnes de mieux comprendre le risque d'inondation par rapport aux autres risques.

Dans ce contexte, il peut être utile de présenter un exemple récent à partir d'une étude réalisée aux Pays-Bas, dans laquelle les risques d'inondation ont été comparés à d'autres risques collectifs dus aux hommes comme les accidents dans les centrales nucléaires, les crashes d'avions sur les villes, les accidents dans des usines pétrochimiques, les accidents de transport ferroviaire de produits chimiques, etc. Il s'est avéré que le risque de victimes dues à des inondations aux Pays-Bas est *substantiellement supérieur* au risque de victimes dues à tous les autres types d'événements confondus. Ce message simple est la parfaite traduction du message selon lequel la gestion des crues aux Pays-Bas mérite une attention accrue.

### **Un exemple sur la manière dont un accord entre les parties prenantes peut être conclu : le kit de Planification**

Dans les projets récents de planification de la gestion des inondations pour le Rhin et la Meuse aux Pays-Bas, l'initiateur du projet (le gouvernement central) a inclus toutes les idées proposées pour des mesures individuelles. Ces idées provenaient du grand public, des villes, des agences de l'eau et des provinces. Le gouvernement a bien sûr également donné des idées des mesures.

Chaque idée a été complètement analysée. Globalement, 700 idées de projet ont été considérées pour le Rhin. Toutes ces mesures et leurs effets sur les niveaux d'eau, les coûts, la nature, l'agriculture, l'emploi, etc., ont été rassemblés dans ce qu'on appelle le kit de Planification. Ce kit de Planification a contribué à son tour à la conclusion d'un accord entre les parties prenantes (les politiciens, les agences gouvernementales, les provinces, les municipalités et les citoyens) sur les mesures à prendre.

La quantité d'informations mises à disposition par le kit de Planification équivaut à un ensemble important de rapports et de documents. La grande différence est la manière dont les informations sont présentées : le kit de Planification permet à l'utilisateur de sélectionner les mesures sur une carte (ou à partir d'une feuille de calcul) et l'utilisateur voit immédiatement jusqu'à quel point la mesure contribue à atteindre l'objectif du projet. Des combinaisons de mesures individuelles peuvent également être analysées en quelques secondes.

---

<sup>2</sup> La probabilité qu'une crue avec une période de récurrence de  $T$  ans apparaisse au moins une fois dans une vie de  $L$  ans équivaut à  $1-(1-1/T)^L$  ; la probabilité qu'une crue de  $T$  ans apparaisse exactement une fois dans une vie équivaut à  $((1-1/T)^{(L-1)})*(1/T)*L$  ; etc.

Le kit de Planification n'est rien de plus qu'une enveloppe (impressionnante) contenant des informations collectées dans d'autres études. Il combine toutes ces informations dans un outil d'aide à la décision qui permet à l'utilisateur (les élus, les spécialistes ainsi que le grand public) de discuter des options de gestion des inondations. Le kit de Planification est présenté sur un CD, et des milliers de copies ont été distribués aux parties intéressées. Une version simplifiée du kit de Planification pour le Rhin peut être obtenue sur [www.ruimtevoorderivier.nl/watermanager/](http://www.ruimtevoorderivier.nl/watermanager/). Cette version Internet, qui n'est disponible malheureusement qu'en néerlandais, permet à l'utilisateur d'étudier les effets (des combinaisons) des mesures, et rencontre un vrai succès.

Il convient de mentionner dans ce contexte trois conséquences du kit de Planification :

1. La partie prenante qui a présenté son idée pour la gestion des inondations, reçoit des informations sur la manière dont cette mesure sera appliquée (négativement ou positivement). Cela signifie que les mauvaises idées sont rapidement exclues des discussions ultérieures.
2. Puisque toutes les mesures potentielles sont incluses dans le kit de Planification et que toutes les mesures ont été analysées avec le même niveau de détail, il est relativement facile de conclure un accord avec les parties prenantes sur les mesures à inclure dans le plan. Les informations fournies par le kit de Planification étaient au centre des discussions, dans les sessions avec des représentants régionaux des parties prenantes.
3. Dans le cas où une partie prenante serait opposée à une certaine mesure, elle peut utiliser le kit de Planification pour proposer une mesure alternative qui aurait des effets comparables, ne serait pas plus onéreuse, etc. Si cette partie prenante ne peut pas trouver une telle alternative, elle peut accepter la raison pour laquelle la mesure qu'elle ne défend pas mérite d'être soutenue.

Il est suggéré d'envisager de développer un outil de présentation pour la Loire avec le kit de Planification pour le Rhin ou la Meuse comme exemple. Nous pensons que cet outil peut avoir un rôle important dans la conclusion d'un accord et la définition des priorités avec les parties prenantes.

Les objectifs pour la gestion des crues aux Pays-Bas sont clairs et par rapport à la Loire, relativement directs. La Loi néerlandaise sur la Gestion des Crues détaille la fréquence du débit fluvial que le système de gestion des crues doit gérer en sécurité. La loi spécifie également que tous les cinq ans, le débit théorique associé à cette fréquence doit être recalculé. En 1998, le parlement national a approuvé un changement de la politique de gestion des crues, à savoir l'orientation sur l'élargissement et l'approfondissement du fleuve, avec l'élévation des digues en dernier recours. Lorsque, en 1996, le débit théorique est passé de 15 000 à 16 000 m<sup>3</sup>/s (avec un changement similaire pour la Meuse), l'objectif du projet était clair : gérer en sécurité l'augmentation du débit théorique, s'appuyer sur des mesures visant à élargir et à approfondir le fleuve avec l'élévation des digues en dernier recours et éventuellement améliorer l'état du milieu.

Dans le cas de la Loire, le problème de la gestion des inondations est plus complexe puisque la situation n'est pas identique à celle des Pays-Bas où la loi spécifie des niveaux de sécurité et où tous les responsables de la gestion des crues doivent s'assurer que ces niveaux de sécurité sont respectés sur le terrain. Des facteurs supplémentaires, comme la gestion des crises, la vulnérabilité, la sensibilisation, etc., sont également importants le long de la Loire. Étant donné cette complexité, les responsables de la gestion des inondations dans la Loire pourraient envisager également les aménagements réalisés aux Pays-Bas qui ont suivi le kit de Planification décrit ci-dessus.

À la fin de 2005, le développement d'un nouvel outil a été lancé, dans le but de faciliter une discussion sociale sur les niveaux de sécurité aux Pays-Bas. Ces niveaux de sécurité ont été fixés en 1960 et doivent être actualisés en raison de la croissance de la population et de l'augmentation des enjeux exposés. Cet outil n'est pas seulement axé sur les coûts et avantages (moins de victimes, moins de dommages) des mesures ayant pour but de garantir des niveaux de sécurité supérieurs, mais également sur les mesures non structurelles comme la protection contre les inondations, les plans de gestion des crises, l'aménagement de compartiments dans les zones inondables, etc.

## Communication avec le grand public

Les processus de planification et de prise de décision nécessitent que les informations soient mises à la disposition de toutes les parties impliquées dans le processus. En raison du grand nombre de parties prenantes dans la gestion des inondations le long de la Loire, des efforts explicites sont nécessaires pour informer le grand public. Cette information ne concerne pas seulement le résultat des études mais également les informations de base utilisées dans le processus de planification. La manière dont les conclusions sont établies doit également être présentée au public.

Nous sommes persuadés que les pouvoirs publics sont relativement actifs dans le domaine de la communication mais cela ne semble pas être suffisant pour lancer le processus. Les expériences dans d'autres sites indiquent que ce flux d'informations peut non seulement satisfaire le besoin de connaître le contexte de certaines mesures proposées, mais également être très important pour la compréhension et l'approbation de ces mesures.

Il est évident que préparer uniquement des rapports épais n'est pas automatiquement la réponse. Des brochures claires et précises, des vidéos, des présentations télévisées, des apparitions individuelles lors de réunions, des applications Internet, des CD-roms avec un Système d'Aide à la Décision 'pour un usage domestique' ne sont que quelques-unes des nombreuses options permettant d'améliorer la communication avec les nombreuses parties prenantes et le public en général.

En considérant la documentation disponible pour la Loire, nous avons remarqué l'importance des 'relations publiques', mais nous avons noté que la communication avec le grand public semble s'être quasiment arrêtée depuis l'an 2000.

La mise à disposition des informations au grand public est une chose, mais l'implication active du public dans le processus de planification en est une autre. Pour recueillir les idées du grand public sur les mesures possibles, l'autorité chargée de la planification peut stimuler activement le public pour qu'il ait des idées. Cette collecte revêt deux aspects : non seulement il y a une possibilité que des idées relativement faisables soient soumises, mais il doit également être admis que la collecte active d'idées auprès des parties prenantes permettra d'éviter des discussions ultérieures sur le processus lorsque les parties prenantes (les particuliers, les associations, les villes, etc.) pensent qu'un plan proposé ne mérite pas d'être soutenu car leur solution alternative n'est pas considérée dans le processus de planification.

Des efforts substantiels peuvent être nécessaires pour recueillir activement les idées des parties prenantes. Non seulement un effort est nécessaire concernant la collecte effective d'idées (en utilisant les médias, Internet, en organisant des forums politiques, des réunions avec les groupes d'intérêt, etc.) mais un effort



est également nécessaire pour analyser chaque idée, rendre compte des résultats de cette analyse et communiquer les résultats à la partie prenante à l'origine d'une idée particulière.

Les expériences d'implication des parties prenantes dans les projets récents de planification de la gestion des crues aux Pays-Bas pour la Meuse et le Rhin sont clairement positives, et les parties prenantes et les planificateurs partagent cette opinion. La manière dont le processus a été mené a clairement déclenché la participation des parties prenantes et de leurs représentants. Cela ne signifie pas évidemment que la mise en œuvre effective des mesures ne rencontrera pas de difficultés avec les propriétaires individuels ou les groupes d'intérêt, mais le sentiment est que le processus de planification s'est au moins déroulé beaucoup plus facilement avec l'implication des parties prenantes, que sans cette participation.

Il est observé que, dans un futur proche, dans le contexte de la Directive-Cadre européenne (Article 14), la participation du public sera nécessaire pour la définition des plans d'aménagement des bassins fluviaux.

Enfin, on peut se demander si la communication avec les décideurs est différente de la communication avec les parties prenantes. Il est évident que la communication avec les décideurs est essentielle à l'avancement de la gestion des inondations. Mais comme les parties prenantes, les décideurs ont besoin d'informations pour prendre leurs décisions, notamment d'informations sur les alternatives possibles. Les décideurs sont également concernés par les aspects politiques de leurs actions et ils doivent prendre des décisions sur une vaste gamme de thèmes. Dans la mesure du possible, la communication avec les décideurs doit garder ces préoccupations à l'esprit.

### **Exemple illustrant la manière dont une politique générale *ne doit pas* être développée**

Ce qui suit peut-être être vu comme un exemple illustrant la manière dont une politique générale *ne doit pas* être développée. Cet exemple fait référence à la gestion des débits de crue extrêmes aux Pays-Bas.

Les principaux fleuves des Pays-Bas sont le Rhin et la Meuse. La gestion des inondations le long des bras du Rhin aux Pays-Bas s'appuie uniquement sur un réseau de 600 km de digues environ, et il en est de même pour le tronçon de la Meuse inférieure où 300 km de digues environ protègent les plaines d'inondation. La hauteur des digues est déterminée par le débit théorique qui est actualisé tous les cinq ans. Ce débit théorique est déterminé à son tour par une fréquence de dépassement des niveaux d'eau dans les fleuves. La Loi de Défense contre les Crues spécifie cette fréquence à 1/1 250 par an pour la plus grande partie des fleuves. Avec des débits théoriques croissants, la politique consiste aujourd'hui à laisser plus de place au fleuve, avec une élévation des digues en dernier recours.

En 2000, le gouvernement s'est rendu compte que même si le niveau de sécurité est élevé, il y a toujours la possibilité que le débit de crue puisse dépasser le débit théorique. Un comité indépendant a été chargé d'apporter des conseils sur la stratégie que le pays devrait adopter pour gérer cette situation. Ce comité a conseillé d'aménager des zones dites de surverse. Lors d'un événement extrême, l'inondation délibérée de ces zones serait déclenchée au moyen d'un débit entrant contrôlé afin de mieux protéger les zones plus en aval. Le gouvernement a accepté ce conseil et a établi une politique pour (1) prévoir des emprises en réserves dans la législation relative à l'aménagement du territoire afin d'empêcher les aménagements à

grande échelle dans ces zones, (2) réserver le budget nécessaire pour des travaux de protection supplémentaires, un ouvrage d'entrée, etc., et (3) réaliser des études de faisabilité concernant les aspects techniques et les réglementations à développer pour payer les dommages subis par les habitants de ces zones.

Les défenseurs des zones de surverse le long du Rhin ont mis en avant les arguments suivants :

- (1) la probabilité d'une crue réelle dans la zone de surverse n'augmentera pas par rapport au niveau de sécurité défini par la loi : la zone d'évacuation ne sera inondée que si le débit de crue dépasse le débit de 1/1 250 ;
- (2) en cas d'inondation réelle de la zone de surverse, les dommages seraient intégralement compensés par le gouvernement, alors que le gouvernement néerlandais n'a aucune obligation légale de payer les dommages en cas d'inondation et alors que l'assurance couvrant les dommages causés par les crues n'est pas disponible (en cas d'inondation le secteur de l'assurance ne pourrait pas payer les dommages gigantesques subis aux Pays-Bas) ;
- (3) les zones désignées en tant que zones de surverse resteraient ouvertes dans le futur : l'expansion urbaine à grande échelle dans ces zones serait bloquée, alors que la croissance normale des villages et des fermes serait autorisée. Le fait que ces zones restent rurales pourrait être considéré comme un avantage dans un pays à forte densité de population comme les Pays-Bas.

Un groupe d'action local dans la zone de surverse la plus peuplée (c'est-à-dire Ooijpolder, avec une population d'environ cinq mille habitants) s'est fortement opposé à l'idée que sa zone serait parmi les premières à être inondées en cas d'événement extrême. Les pressions intensives exercées par ce groupe et la grande couverture de sa cause dans les médias ont finalement abouti à un succès pour ce groupe : au début de 2005, le gouvernement a complètement abandonné l'idée d'aménager des zones de surverse le long du Rhin. Une zone de surverse le long de la Meuse a rencontré beaucoup moins d'opposition, et sera mise en œuvre dans les années à venir.

Dans la discussion sociale portant sur les zones de surverse, l'exemple de la Loire a été présenté comme un exemple où les déversoirs sont totalement intégrés dans la stratégie de gestion des crues. Les valls servent en effet de zones d'évacuation. La pression exercée par la population locale des zones adjacentes au Rhin, a toutefois abouti à un rejet total au Parlement National de ces zones de surverse le long du Rhin. Aux Pays-Bas, on jouera à la roulette russe lorsqu'une digue connaîtra une surverse ou rompra en cas de débits de crue supérieurs au débit théorique pour lequel elle est construite, et lorsque le polder le long du fleuve sera inondé. D'après nous, c'est un exemple malheureux illustrant la manière dont une politique générale *ne doit pas* être développée.

## Références

- Réf. 1. DIREN (Jean Maurin, Fabien Pasquet). Les digues de Loire : utilisation du modèle hydraulique Loire moyenne pour le dimensionnement fonctionnel des levées et des ouvrages annexes. Exemple de la protection du val d'Orléans
- Réf. 2. Université Radboud (Freude am Fluss). Réunion Intervision Loire moyenne, 18-22 octobre 2004
- Réf. 3. Université Radboud (Freude am Fluss). Réduction du risque d'inondation en Loire moyenne. Rapport de la semaine d'expertise européenne effectuée du 18 au 22 octobre 2004. (Version française des sections principales du rapport anglais, Réf. 2).
- Réf. 4. Freude am Fluss. Mieux vivre au bord du fleuve (Dépliant).
- Réf. 5. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d'inondation par les crues fortes en Loire moyenne. 30 juin 1999, version finale validée.
- Réf. 6. DIREN. Atlas des zones inondables de la vallée de la Loire: Val d'Orléans et Val de Bou.
- Réf. 7. Plan Loire Grandeur Nature. Stratégie de l'Etat pour les travaux du lit et des levées domaniales du bassin de la Loire. MOG juin 2005.
- Réf. 8. Plan Loire Grandeur Nature. Réduire les risques d'inondation en Loire Moyenne. Mai 2003.
- Réf. 9. Préfecture de la Région centre et du Loiret. Contrat de plan Etat - Région (2000 - 2006). Intégrant la révision à mi-parcours (avenant N° 4 du 13 janvier 2004).
- Réf. 10. EP Loire / Hydratec. Reconstitution et simulation de la crue de décembre 2003 entre Nevers et Tours, avec et sans l'action du barrage de Villerest. Juin 2004.
- Réf. 11. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Extension prévisible des inondations pour les crues fortes en Loire moyenne: Val d'Orléans - Val de Bou. Sogréah, Janvier 2003. (Cartes des inondations basées sur le modèle Hydra avec 6 périodes de récurrence de 50 à 500 ans).
- Réf. 12. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Les enseignements du modèle Loire. Brochure. Février 1998.
- Réf. 13. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Restaurer et entretenir le lit de la Loire. Brochure. Février 1999.
- Réf. 14. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Enjeux et dommages dans le lit de la Loire. Brochure. Juin 1999.
- Réf. 15. La Loire et ses terroirs - le magazine du fleuve et des hommes. Lutte contre les crues et les inondations en Loire moyenne. A l'heure du bilan. Philippe Auclerc Dossier N° 30 Hiver 1998-99.
- Réf. 16. Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Les déversoirs présents sur les levées de la Loire : comment fonctionnent-ils et en quoi sont-ils des ouvrages de sécurité pour la population? N-G Camp'huis 18-08-2003.
- Réf. 17. DIREN Centre. Etude globale de réduction du risque inondation sur les vals de l'Orléans. Séminaire technique mardi 28 juin 2005.
- Réf. 18. DIREN Centre. Activités de l'Arrondissement Interdépartemental des Travaux Loire, créé au sein de la DDE du Loiret. Bilan 31.12.2004. pages 337 -346.
- Réf. 19. Terre Sauvage. Terre Sauvage, Numéro spécial Loire avec le WWF. Loire, fleuve libre !
- Réf. 20. IFEN, Institut Français de l'Environnement. Les risques naturels. Dans le cadre de la publication 'l'Environnement de la Région Centre', 2004.
- Réf. 21. Préfecture de la Région Centre. Schéma Directeur de Prévision des Crues du bassin Loire- Bretagne, mai 2005 + note de présentation.
- Réf. 22. Hydratec / Equipe Pluridisciplinaire. Plan Loire Grandeur Nature. Etude d'homogénéisation des simulations d'amélioration de la situation actuelle en Loire Moyenne produites avec le modèle Hydra. Mai 2005.
- Réf. 23. Secrétariat du Plan Loire. Plan Loire Grandeur Nature. Tableau de bord du plan Loire. Etat au 31 déc 2004 (436 pages).
- Réf. 24. Hooijer A, Klijn F, Kwadijk J, Pedrol B (eds). 2002. Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins: Main Results of the IRMA-SPONGE Research Program. Publication NCR 18-2002. NCR: Delft.
- Réf. 25. Bronstert, A. ; Niehoff, D. ; Bürger, G. (2002): Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: Present knowledge and modelling capabilities. Hydrological Processes, 16, 2, 509-529.
- Réf. 26. Bruynzeel, L.A. (1990). Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. UNESCO, 224.

- 
- Réf. 27. B. Ott et S. Uhlenbrook (2004) Quantifying the impact of land-use changes at the event and seasonal time scale using a process-oriented catchment model. *Hydrology and Earth System Sciences*) 8: 62–78
- Réf. 28. Interagency Floodplain Management Review Committee (Galloway Committee), 1994: *Sharing the Challenge: Floodplain Management into the 21st Century*.
- Réf. 29. Scientific Assessment and Strategy Team (SAST), 1994: *A Blueprint for Change, part V, Science for Floodplain Management into the 21st Century*, Washington, DC, Juin 1994.
- Réf. 30. Sogreah Consultants (2004). Projet Européen Interreg 3B Freude am Fluss. Intersivision Loire 2004. Expertise Européenne de la stratégie globale de réduction du risque d'inondation en Loire Moyenne. Compte rendu de la semaine de visite de la Loire Moyenne effectuée du 18 au 22 Octobre 2004. Sogreah / MML-PST / No. 1740280 Novembre 2004.
- Réf. 31. Delft Hydraulics (2001). Effectiviteit van retentie langs de Rijntakken / Effectiveness of detention ponds along the Rhine Branches. Projet R3294.66 Delft, mai 2001 (en néerlandais uniquement).

## A Glossaire

**Abiotique** : n'appartenant pas à la vie (les éléments abiotiques d'un réseau fluvial incluent la vitesse d'écoulement, la profondeur de l'eau, la taille des sédiments de fond, etc.).

**Atténuation des pointes de crue** : la réduction l'amplitude d'une onde de crue dans sa propagation vers l'aval du fleuve.

**Biotique** : appartenant à la vie (les éléments biotiques d'un réseau fluvial incluent les poissons, les oiseaux aquatiques, les plantes, les micro-organismes, etc.).

**Restauration de l'environnement** : amélioration de l'écosystème par rapport à la situation existante vers un état convenu, pas nécessairement l'état naturel d'origine.

**Mesures institutionnelles** : politiques ou réglementations contrôlant ou spécifiant des activités (par exemple : une réglementation interdisant l'aménagement de zones d'habitation dans la plaine d'inondation ; une politique demandant à toutes les communes d'avoir un plan d'évacuation, etc.).

**Mesures structurelles** : mesures comme les barrages, les réservoirs, les digues, les canaux latéraux, les écluses, etc.

**Mesures non structurelles** : mesures visant à modifier la sensibilité aux inondations (comme l'aménagement des bassins versants, les techniques de protection contre les crues, l'annonce des crues, etc.)

**Morphologie** : étude du mouvement, du dépôt et de l'érosion des sédiments dans le fleuve.

**Partie prenante** : une personne qui a un intérêt dans l'aménagement fluvial (des bassins), la gestion des inondations, etc.

**Stratégie** : un plan pour atteindre un objectif spécifique, composé d'un ensemble de mesures individuelles (par exemple : mesures d'annonce des crues, aménagement de dérivations ou de réservoirs, etc.).

**Valeur Actualisée Nette (VAN)** : forme de calcul de la valeur actualisée des flux de trésorerie. Elle englobe le processus de calcul de l'actualisation d'une série de montants en espèces à des dates futures (par exemple, les dommages annuels prévus causés par les crues, ou les coûts annuels d'entretien), et de leur addition. Voir pour un exemple également l'Annexe B de ce rapport.

## B Exemple d'analyse coûts-bénéfices concernant la protection contre les crues des habitations existantes

Cette annexe présente un exemple d'analyse économique coûts-bénéfice simplifiée sur la protection contre les crues des habitations existantes dans les vals inondables.

Cet exemple simple repose sur les hypothèses suivantes (qui ne peuvent bien sûr pas être généralisées) :

1. La probabilité d'inondation du val est de 1/100 par an.
2. Si le val est inondé (probabilité de 1/100 par an), l'ordre de grandeur des dommages matériels (dommages directs) pour une habitation individuelle est estimé à 25 000 €
3. Si le val est inondé pendant un événement extrême d'une probabilité de 1/500 par an, l'ordre de grandeurs des dommages matériels dans cette habitation est estimé à 50 000 €
4. On fait l'hypothèse que pour toutes les inondations ayant une probabilité inférieure à 1/500 par an (1/1 000 ; 1/5 000 ; etc.) les dommages seraient toujours de 50 000 €

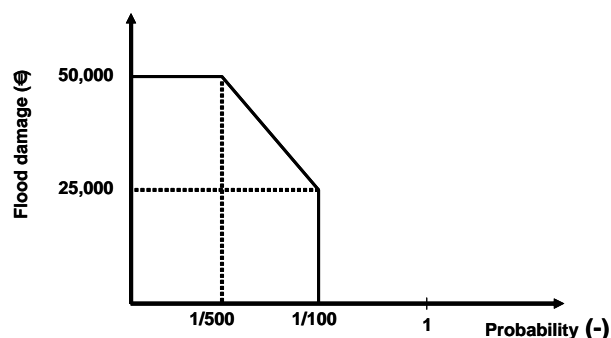


Figure B-1 : Relation entre les dommages causés par les crues (€) et la probabilité d'inondation d'une habitation.

Avec ces hypothèses, les dommages annuels prévisibles pour cette habitation dans la situation existante s'élèvent à 400 € par an. Ce montant est calculé comme étant la surface située sous la courbe de la Figure B-1.

Supposons maintenant que nous souhaitions protéger cette habitation contre les crues de manière à la mettre en sécurité jusqu'à une crue de probabilité de 1/500 par an. Si cette protection contre les crues est effectuée, l'habitation serait toujours inondée avec une probabilité de 1/100 par an, mais il n'y aurait des dommages que pour les inondations de probabilité 1/500 par an ou moins. Dans ce cas, les dommages annuels prévus s'élèveraient à 50 000 € multipliés par 1/500, soit 100 € par an.

Le bénéfice de cette amélioration s'élèverait ainsi à  $400 \text{ €} - 100 \text{ €} = 300 \text{ €}$  par an. La Valeur Actualisée Nette (VAN) de ce bénéfice s'élève à  $300 \times 25 = 7\,500 \text{ €}$  conformément à la formule :

$$NPV = B_0 \sum_{t=0}^{t=T} \left( \frac{1+W}{1+R} \right)^t$$

Où :

- VAN = NPV = Valeur Actualisée Nette (€)
- B<sub>0</sub> = bénéfices annuels dans la situation actuelle (300 €)
- T = horizon temporel (supposé infini)
- R = taux d'intérêt (sans inflation), supposé à 5 % par an, donc 0,05
- W = augmentation des richesses, supposé à 1 % par an, donc 0,01

Si les bénéfices de la protection contre les crues sont équivalents aux coûts des investissements, le ratio coûts-bénéfices équivaut à 1 ; nous avons donc un budget disponible de 7 500 € pour les investissements de protection. Cet investissement ferait passer le niveau de protection de cette habitation de 1/100 à 1/500 par an.

Reste à vérifier dans le cas réel si le budget d'investissement disponible permet de protéger de tout dommage une habitation pour un certain niveau de probabilité d'inondation. Cet exemple peut illustrer le fait que la protection contre les crues d'habitations individuelles existantes peut ne pas être économiquement justifiée.

## C Fréquences des débits de crue et des inondations

En cas de protection contre les crues assurée par des digues, il y a une nette différence entre la fréquence des inondations des zones protégées par les digues et la fréquence des crues du cours d'eau.

La définition de la fréquence des crues d'un cours d'eau est évidente. C'est la moyenne sur un (grand) nombre d'années du nombre de fois par an où un certain débit se produit. L'inverse de cette valeur est souvent, et également dans la publication relative à la Loire moyenne, désigné comme la période de récurrence d'une crue. Les digues sont généralement construites selon le niveau d'eau associé à un certain débit de crue, et ce débit a une certaine fréquence. Le débit pour lequel les digues sont construites est généralement désigné comme le débit théorique, et les niveaux d'eau théoriques sont donc liés à ce débit.

Cette fréquence du débit théorique n'est pas nécessairement égale à la fréquence des inondations des zones protégées par les digues. Les digues peuvent en effet céder à des débits inférieurs au débit théorique, et peuvent également résister à un débit supérieur au débit théorique, par exemple, parce qu'une digue a généralement une certaine revanche, ou parce qu'une digue bien construite peut contenir l'eau jusqu'au débordement - entraînant une inondation relativement réduite – sans la formation d'une brèche dans la digue qui entraînerait une inondation réelle.

Dans la pratique, les termes "fréquence du débit" et "fréquence des inondations" sont souvent utilisés sans saisir cette différence. On suppose souvent que lorsque le débit fluvial équivaut au débit théorique (ou le dépasse), les terres protégées par les digues sont inondées.

La non prise en compte de cette différence en elle-même n'est pas un problème majeur, à condition de respecter une condition. Cette condition est que les digues ne doivent pas être défectueuses dans le cas où le niveau d'eau est inférieur ou égal au niveau d'eau théorique (comme cela semble avoir été le cas sur certains sites pendant l'ouragan Katrina à la Nouvelle Orléans, Etats-Unis). Il y a donc en conséquence des implications pour l'entretien du réseau de digues. Par exemple, si – comme dans le cas de la Loire moyenne – l'érosion du lit du fleuve réduit la stabilité des digues, des mesures sont impératives pour garantir l'intégrité structurelle du réseau de digues.