

# CEPRI

Centre Européen de  
Prévention du Risque d'Inondation

Les collectivités en Europe pour la prévention du risque d'inondation  
Communities and local authorities in Europe preventing flood risk

# Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation

## Manuel des pratiques existantes

Juin 2008

## Avertissement

Ce manuel, fruit d'une collaboration entre le CEPRI et le MEEDDAT, est l'expression d'une volonté partagée de progresser sur l'utilisation des démarches d'évaluation :

- ü Au sein du MEEDDAT, la Direction de l'Eau, la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques et la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale ont initié un travail pour élaborer un cadre et des méthodes d'évaluation socio-économique de mesures de gestion des inondations. Pour ce faire, un groupe de travail national « analyse coûts-bénéfices du risque d'inondations » a été constitué des directions du MEEDDAT concernées, du CEPRI (Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondations), du CEMAGREF, de l'AFPCN (Association Française de la Prévention des Catastrophes naturelles), de la MRN (Mission des Risques Naturels), de l'AFEPTB (Association Française des Etablissements Publics Territoriaux de Bassin), du Cetmef, du CETE Méditerranée, de l'EPTB Loire, de l'EPTB Saône Doubs, de l'EPTB Grands lacs de Seine, de l'EPTB Charente, de l'EPTB « territoire Rhône », de l'Ifen, de la DIREN Languedoc-Roussillon, de la DIREN Rhône-Alpes, du Conseil général de l'Hérault, de la CCR.
- ü Le CEPRI a identifié lors de son étude de préfiguration, le besoin d'un nombre grandissant de collectivités, de mieux connaître et utiliser les démarches d'évaluation : il a proposé à plusieurs EPTB et autres collectivités (dont des Conseils généraux ou régionaux), un travail expérimental sur deux ans visant à élaborer une démarche partagée et un cadre de travail, à partir d'un état des lieux. Le MEEDDAT a inscrit son support à cette initiative dans une convention pluriannuelle d'objectif.

La production de ce manuel correspond à une première phase d'activité pour le groupe de travail piloté par le MEEDDAT qui souhaitait d'abord recenser les pratiques existantes en la matière et qui a jugé pertinent d'accompagner l'état des lieux que le CEPRI avait proposé à ses partenaires de conduire.

L'objet de ce manuel est :

- Ø De recenser les pratiques existantes en matière d'évaluation économique des mesures envisagées pour la gestion locale du risque d'inondations : ces pratiques peuvent aller d'une simple estimation des dommages directs pour l'habitat à une analyse plus complète du type coûts-bénéfices appliquée à différents enjeux (habitat, activités économiques, équipements publics, réseaux de transport, campings, etc...);
- Ø D'identifier les démarches, les hypothèses, les méthodes, les résultats ainsi que les difficultés rencontrées.

Le groupe de travail conduira ensuite une deuxième phase de travaux, qui s'appuiera sur ces premiers éléments de recensement et d'évaluation, et consistera en l'élaboration d'un cadre commun et d'un ou plusieurs outil(s) standardisé(s) d'analyse de la pertinence socio-économique des mesures envisagées dans un programme local de gestion du risque d'inondations.

# Sommaire

Méthodologie.....	5
Résumé.....	6
Remerciements.....	8
Introduction .....	9
Pourquoi évaluer la pertinence des projets de prévention et de gestion des inondations? .....	11
Les pratiques existantes .....	13
1. L'approche économique et la prévention des inondations.....	13
1.1. L'analyse coût bénéfique (ACB) .....	13
1.2. L'analyse coût efficacité (ACE) .....	14
1.3. L'analyse multi-critères.....	14
2. Comparaison des pratiques françaises (démarche, outil, résultats).....	15
2.1. Les démarches.....	17
2.2. L'aléa .....	18
2.3. Les enjeux.....	19
2.4. L'évaluation des dommages.....	20
2.4.1. Dommages directs.....	21
2.4.2. Dommages indirects .....	23
2.4.3. Dommages intangibles .....	23
2.5. L'évaluation des coûts.....	23
2.6. Le critère de décision .....	23
2.7. L'évaluation multi-critères.....	25
2.8. L'apport des méthodes d'évaluation contingente et des prix hédoniques.....	28
2.9. Incertitude et sensibilité .....	29
3. Quelques exemples étrangers.....	30
3.1. Le Royaume Uni.....	30
3.2. L'Allemagne.....	30
3.3. Les Pays Bas .....	32
3.4. La République Tchèque.....	32
Conclusion .....	33
Bibliographie.....	35
Annexes.....	37
A. Les approches économiques.....	38
B. Les pratiques existantes françaises : synthèse .....	43
C. Le résumé des pratiques existantes françaises .....	67
1. Loire moyenne .....	67
2. Seine .....	72
3. Orb .....	77
4. Oise Aisne.....	82
5. Rhône.....	87
6. Charleville Mézières.....	89
7. Charente.....	93
8. Marne.....	99

9.	PACA .....	102
10.	Quimper .....	107
11.	Labergement-Lès-Auxonne.....	110
12.	Artois Picardie .....	114
13.	Cheffes sur Sarthe.....	116
14.	Sarthe Amont .....	120
15.	Varennes le Grand.....	125
16.	Meuse.....	127
17.	Rhône aval .....	129
18.	Huisne.....	131
20.	Sarthe .....	136
21.	La Truchère .....	139
22.	Rhône Aval Beaucaire.....	141
23.	Rhône Viviers Beaucaire.....	144
24.	Isère.....	146
25.	Romanche .....	150
26.	La Touloubre.....	152
27.	Charente Saint Savignien .....	155
28.	La méthode MRN.....	156
29.	La thèse de J.P. Torterotot .....	158
30.	Yzeron et Le Mans.....	164
31.	Bruche .....	167
D.	Quelques exemples de pratiques étrangères.....	171
E.	Comment définir le niveau d'échelle de l'approche retenue? .....	186
F.	Grille de lecture .....	187

## Méthodologie

Une trentaine d'études a été recensée.

Nous avons souhaité présenter dans ce manuel l'ensemble des études existantes intégrant une approche économique ayant pour but d'évaluer la pertinence des projets de prévention des inondations. Le recensement s'est fait en contactant des collectivités, des EPTB, des bureaux d'étude... par courrier et lors d'entretiens directs ou téléphoniques. Chacun de ces contacts a permis de s'assurer de l'existence d'une approche économique et de prendre connaissance d'autres approches menées par l'organisme contacté lui-même ou par d'autres organismes identifiés par nos interlocuteurs.

Chacune des études a fait l'objet d'une analyse selon une grille de lecture validée par le groupe de travail (voir [l'annexe F](#)). L'accent est particulièrement porté sur la démarche, sur la ou les mesures considérées, sur les données disponibles et créées pour l'étude, sur l'outil économique, sur la prise de décision finale et sur la mise en perspective des résultats obtenus. Les maîtres d'ouvrage et/ou les bureaux d'étude concernés ont été contactés par téléphone pour mieux appréhender le contexte dans lequel la démarche s'est inscrite, pour comprendre les difficultés rencontrées, pour éclairer certains points méthodologiques et pour connaître la décision prise à la suite des études menées.

Malgré cette volonté, nous savons que toutes les études n'ont pu être intégrées. En effet, certaines sont en cours et non encore disponibles, d'autres sont anciennes et difficilement diffusables, enfin il est plus que probable que nous n'ayons pas eu connaissance de certaines études.

Toutefois, ces études pourront être intégrées par la suite grâce à un processus d'actualisation de ce manuel prévu par le biais du site internet du CEPRI ([www.cepri.net](http://www.cepri.net)).

## Résumé

L'objet de ce manuel est de recenser les démarches françaises ayant intégré, comme outil d'aide à la décision, une évaluation économique de la pertinence des projets de gestion et de prévention des inondations. Des exemples d'initiatives et de guides européens en la matière sont également présentés<sup>1</sup>.

### Les démarches françaises

Une trentaine de démarches a été répertoriée, qui ont été mises au point entre 1993 et 2008, chacune développant un outil d'évaluation économique.

Si l'objectif initial souvent affiché de ces démarches est la mise en place d'un outil d'aide à la décision, très peu suivent l'intégralité d'un processus de décision, c'est-à-dire du début du questionnement à la prise de décision finale, en passant par l'utilisation d'un outil économique. L'approche économique semble essentiellement utilisée comme un élément de débat interne aux services.

Ce manque de prise de décision peut être expliqué par un manque à la fois de :

- ü Données fiables et disponibles ;
- ü Cadre d'analyse commun et partagé ;
- ü Sensibilisation aux critères économiques dans un contexte où le critère hydraulique est souvent central.

### L'outil économique utilisé par ces démarches

La trentaine de démarches recensées utilise des outils disparates :

- ü Huit recourent à des analyses coûts-bénéfices ;
- ü Quatre utilisent des analyses multi-critères, qui sont des outils d'aide à la décision ;
- ü Trois études reposent sur une évaluation contingente (deux études) ou une méthode de prix hédoniques (une étude) ;
- ü La quinzaine d'études restante apporte des éléments dans la prise de décision sans être de véritables outils d'aide à la décision : il s'agit d'approches d'évaluation des dommages et des retours d'expériences.

Toutes ces études, à l'exception des deux analyses multicritères, s'attardent uniquement sur l'évaluation de mesures structurelles (travaux notamment) et non sur des mesures non structurelles (telles que des mesures de réduction de la vulnérabilité).

Quatre ou cinq études (en fonction de l'enjeu considéré) élaborent de vrais outils pilotes en matière d'évaluation économique et de mise en œuvre de courbes d'endommagement. Mais, elles ré-inventent chacune à chaque fois l'outil, sans utiliser

---

<sup>1</sup> Une analyse plus fine des cas d'application de ces guides sera nécessaire pour tirer des enseignements de ces pratiques européennes.

l'expérience acquise. Les autres études utilisent a contrario des courbes déjà établies, considèrent des ratios ou ne se concentrent que sur un retour d'expérience.

Chacun de ces outils est décrit dans ce manuel selon l'aléa et les enjeux considérés. L'accent est porté sur les données récoltées et sur les méthodes d'évaluation des coûts, des bénéfices et des dommages mises en œuvre. Une classification de ces analyses est basée sur le niveau d'échelle spatial : micro (local), meso, macro (global).

Conclusion : aller vers une démarche et des outils « type » faciles d'accès aidera la prise en compte de la pertinence socio-économique dans la prise de décision

L'analyse de la trentaine de démarches françaises recensées révèle deux aspects :

- ü La culture de la prise de décision est encore faible en France et recourt peu à une démarche transparente et utilisée par tous, utilisant des outils d'évaluation que chacun comprend et connaît ;
- ü Un des freins à la prise de décision partagée est l'absence d'une démarche dans laquelle les porteurs de projet pourraient s'inscrire et d'outils qu'ils pourraient utiliser facilement pour évaluer la pertinence et mettre en œuvre un processus de décision.

Des lacunes méthodologiques existent qui freinent le recours facile aux outils d'évaluation. Un travail de recherche est donc nécessaire sur les aspects suivants : recensement fiable des enjeux à des échelles fines, évaluation des dommages directs, indirects et intangibles, prise en compte de l'enjeu « réseau », incertitude et sensibilité. Une formation à l'utilisation de ces outils sera nécessaire.

Les expériences françaises et européennes analysées montrent que ces outils aboutis sont coûteux en temps et en moyens humains et financiers. La mise au point de la méthode établie par le Royaume Uni s'est par exemple étalée sur au moins quinze ans.

## Remerciements

Ce manuel a été rédigé suite à de nombreux échanges et discussions avec plusieurs de nos interlocuteurs. Une partie d'entre eux faisait, d'ailleurs, partie du groupe de travail « ACB-Inondation » (dont les membres sont identifiés par un astérisque) co-piloté par la Direction de l'eau (Frédérique Martini), la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (Marie Renne) et la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (Régis Morvan). Nous tenons ici à les remercier pour leur aide, leur disponibilité et leurs remarques judicieuses.

- MEEDDAT : Frédérique Martini\* (DE), Nicolas Monier\* (DE), Philippe Orignac\* (DE), Olivier Bommelaer\* (D4E), Régis Morvan\* (D4E), Olivier Arnold\* (D4E), Patrick Chegrani\* (D4E), Thierry Hubert\* (DPPR), René Feunteun\* (DPPR), Patrick Chassagneux\* (DPPR), Marie Renne\* (DPPR) ;
- DIREN Rhône Alpes : Anne-Laure Soleilhavoup et Aurélie Roy ;
- DIREN Midi Pyrénées : Jean-Jacques Vidal, Christophe Sabot et Arnaud Boulet ;
- DIREN PACA : Laurent Michels et Nadine Bertolini ;
- DIREN Lorraine : Guy Lavergne ;
- IIBRBS : Jean-Louis Rizzoli, Gérard Villion et Frédéric Gache\* ;
- EPTB Charente : Rémy Filali\*, Harold Rethoret ;
- EP Loire : Jean-Claude Eude\* et Pierre Philippe\* ;
- Entente Oise Aisne : Jean-Michel Cornet et Pascal Laugier ;
- EPTB Saône Doubs : Marc Forêt et Cédric Borget\* ;
- EPTB Marne : Julie Ruhlman ;
- EPAMA : Sébastien Renou ;
- Territoire Rhône : André-Claude Crumière et Elodie Grassot\* ;
- SYMBHI : Daniel Verdeil ;
- SIRTAVA Syndicat de l'Armançon : Claire Reliant ;
- Syndicat de la Touloubre : Laurent Rhodet et Corinne Lacroix ;
- Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe Amont : Baptiste Sirot ;
- Institution Interdépartementale du Bassin de l'Huisne : Vincent Toreau ;
- Conseil Général 34 : Cécile Retailleau et Flore Imbert Suchet\* ;
- Conseil Général 72 : Samuel Mienville ;
- Conseil Général 49 : Louis-Marie Muel ;
- Conseil Général Ponts et Chaussées : Charles Helbronner\* ;
- DDE 49 : Damien Beziau ;
- AFPCN : Paul-Henri Bourrelrier\* et Gérard Brugnot\* ;
- CEMAGREF : Frédéric Grelot\*, Katrin Erdlenbruch\* et Jean-Philippe Torterotot ;
- ENGEES de Strasbourg : Sylvain Payraudeau et Julian Eleuterio ;
- CETMEF : Grégory Rebeyrotte\*, Patrick Chasse\* ;
- CETE Méditerranée : Chloé Auffret\* ;
- MRN : Roland Nussbaum\* et Jérôme Chemitte\* ;
- CCR : Patrick Bidan\* ;
- IFEN : Valérie Laporte\*, Bernard Poupat\* ;
- ASCONIT : Philippe Blancher ;
- SAFEGE : Jacques Bertrand et Sandra Andreu ;
- SOGREAH : Patrick Sauvaget.

## Introduction

Les inondations font partie de la nature. Elles ont existé et continueront d'exister. La protection contre les inondations n'est jamais absolue. La question revient souvent de savoir quelle sécurité est disponible et à quel prix, et quel risque restant doit être accepté par la société. La gestion du risque sera la méthode appropriée pour résoudre ce problème. Cet extrait du guide des bonnes pratiques publié sous l'auspice des Directeurs de l'Eau de l'Union européenne rappelle ainsi que toute inondation entraîne des effets, des impacts, des pertes pour les personnes et les biens sinistrés mais aussi des effets induits pour tout un territoire (plus ou moins vaste) et qu'elle peut donc causer des dommages conséquents et s'avérer très coûteuse.

Tout processus de décision en matière de prévention et de gestion des inondations doit prendre en compte ces éléments. Comme l'explique la Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite Directive Inondation, il s'agit de « phénomènes naturels, qui ne peuvent être évités [...] certaines activités humaines [...] et les changements climatiques contribuent à en augmenter la probabilité et les effets négatifs ».

Au sein d'une démarche de prise de décision, des outils doivent être mis en place, facilitant le processus de décision. La Directive Inondation recommande de tenir compte « d'aspects pertinents tels que les coûts avantages » dans les plans de gestion (Article 7). L'enjeu est à la fois d'utiliser au mieux les ressources financières disponibles et de définir et constituer une ou des réponses concertées avec l'ensemble des acteurs concernés. Pour cela, il est nécessaire de mettre en œuvre une démarche pour élaborer en commun le programme de mesures et de recourir à une méthode ou un outil validé, pour débattre de la pertinence. Cela doit permettre de comparer les mesures, d'en comprendre les tenants et les aboutissants, d'en identifier et d'en évaluer les impacts positifs et négatifs. Ces outils peuvent être plus ou moins élaborés en fonction de la nature et de l'importance du programme de mesures proposé. La Directive Inondation demande une consultation du public auquel les éléments tirés de l'analyse de pertinence peuvent être judicieusement présentés.

Sans attendre le cadre de la Directive Inondation, de nombreux acteurs de la prévention des inondations se sont posés depuis quelques années la question de la pertinence des actions à mettre en œuvre : l'Etat, des Régions et des Départements en tant que financeurs sollicités et élaborateurs d'une politique guidant leur action à leur échelle de territoire ; les Communes, syndicats intercommunaux et EPTB en tant que maîtres d'ouvrages d'une stratégie locale et de travaux d'amélioration, pour lesquels ils cherchent des financements. Les démarches et réflexions de ces différents acteurs sont apparues indépendamment les unes des autres et ne se sont généralement pas enrichies les unes les autres de leur expérience. Elles ont pu donner lieu à des tensions fortes entre maître d'ouvrage et financeur lors de leur première utilisation non concertée.

C'est dans ce contexte que ce manuel a été rédigé. L'objectif est de recenser les démarches françaises évaluant la pertinence des projets de gestion et de prévention des inondations en intégrant une approche économique comme outil d'aide à la décision. Comprendre les

démarches, les hypothèses, les méthodes, les résultats développés et obtenus ainsi que les difficultés rencontrées permet de franchir une première étape dans l'élaboration d'un cadre commun de prise de décision et d'analyse de la pertinence.

Une trentaine de démarches françaises a été recensées. Parmi celles-ci, très peu s'inscrivent dans un processus de décision, c'est-à-dire suivent une démarche de questionnements et d'analyse associant porteur, financeur et bénéficiaire d'une action, pour arriver à une prise de décision finale. Malgré cela, beaucoup sont menées dans ce but, certaines sont conçues comme une première étape méthodologique obligatoire face à l'absence de référence, d'autres comme des outils ayant comme première vocation une utilisation interne avant ouverture vers l'extérieur, enfin les dernières ont pour objectif de réaliser un retour d'expérience d'évènements passés.

Cette réalité nous pousse à nous interroger sur les raisons de mise en œuvre d'approches économiques comme outil d'aide à la décision dans une réelle démarche d'analyse de la pertinence. Le premier chapitre avance donc des arguments proposés, entre autres, par ceux ayant mis en place ou utilisant actuellement des analyses économiques.

Ces démarches françaises s'intéressent, pour la grande majorité, à l'évaluation de mesures structurelles (c'est-à-dire des mesures de défense contre les crues qui consistent en travaux ou en construction d'ouvrages de génie civil dans le lit du cours d'eau, elles visent à modifier les conditions d'écoulement des crues et leur hydrologie (Ledoux, 2006)). On parlera dans ce document de travaux, de projet, d'ouvrage, de programme... Les études recensées ne prennent que très rarement en compte les mesures non structurelles (qui regroupent tous les autres types d'actions qui ne relèvent pas de travaux de génie civil, ces mesures visent à modifier les pratiques, les enjeux exposés et à répartir les coûts supportés dans le temps ou au sein de la société (Ledoux, 2006)).

Le second chapitre s'attardera sur la description de ces démarches françaises en portant l'accent sur l'aléa, les enjeux, l'évaluation des dommages et le critère de décision. Quelques pratiques européennes seront présentées dans la dernière section.

## Pourquoi évaluer la pertinence des projets de prévention et de gestion des inondations ?

Pour évaluer la pertinence d'une action simple, d'un programme associant plusieurs actions ou d'une stratégie globale, le processus de décision semble aujourd'hui principalement fondé sur des critères techniques voire hydrauliques, pour lesquels les données sont relativement accessibles et compréhensibles par tout un chacun. Ces critères ne sont pas toujours définis en commun et partagés par les financeurs et le porteur du projet. L'évolution des pratiques de répartition des crédits par les financeurs, l'émergence de la réduction de la vulnérabilité à côté des approches uniquement hydrauliques en matière de réduction du risque d'inondation et les recommandations européennes de justification économique des mesures (Directive Inondation et demande de financements européens) conduisent, de plus en plus, à intégrer des aspects économiques dans l'appréciation des projets et dans la justification de la prise de décision.

Déjà en France, quelques financeurs commencent à réfléchir à l'intégration obligatoire ou fortement recommandée de ces analyses dans les demandes de subventions.

L'expérience qu'ils ont acquise est essentielle pour comprendre, identifier et éclairer l'apport de telles approches. Plusieurs arguments peuvent être avancés par les élus, les financeurs et les maîtres d'ouvrage pour démontrer l'utilité de l'évaluation économique de la pertinence des projets de prévention et de gestion des inondations.

### Décider avec transparence et visibilité

Parmi les outils disponibles pour évaluer la pertinence d'un projet, l'évaluation économique concourt à décider et à expliquer avec transparence une décision. Cet outil économique aide à formaliser et à faire émerger des décisions partagées qui reposent sur des critères objectivables.

Toute décision demande de faire des choix entre des projets ou des actions. Ces choix peuvent être contraints par un budget qui est de plus en plus limité en volume face à la demande grandissante. Toutes les demandes ne peuvent être financées : un choix s'impose. De plus, les gestionnaires de crédits souhaitent justifier les investissements qu'ils privilégient. Dans le même temps, tous les projets de prévention et de gestion des inondations n'ont pas la même pertinence ni la même capacité à atteindre des objectifs souhaités. Il est donc nécessaire de prioriser certains projets en ciblant des actions en fonction des bénéfices (techniques, économiques, sociaux) à en attendre au regard d'objectifs que l'on se sera fixés.

Les choix gagnent à être compréhensibles, transparents et partagés. En effet, laisser les financeurs décider sans informer en profondeur et associer les porteurs de la démarche, fragilise la décision et le partenariat. L'idée est d'éviter les décisions unilatérales non partagées par l'ensemble des parties prenantes. Le financeur a besoin d'un maître d'ouvrage motivé plutôt que démotivé par une décision non comprise dont il ne partage pas les fondements. De leur côté, les maîtres d'ouvrage ont tout à gagner à initier la réflexion d'eux-mêmes et à partager les motivations, les objectifs et les critères de décision, en conduisant ce processus de décision en interne plutôt qu'en le subissant une fois le projet soumis en externe. Les maîtres d'ouvrage aussi gagnent à construire un discours adéquat et avancer des

arguments appuyés sur des critères de décision partagés. Ils pourront flécher leur recherche de financements en identifiant les financeurs les mieux appropriés. Enfin, ils auront une meilleure visibilité pour identifier en amont les projets répondant aux critères établis par l'évaluation économique et par les financeurs.

### Elaborer une stratégie globale

L'évaluation économique de la pertinence d'une mesure peut aider à hiérarchiser, à pondérer et à discuter donc à établir une stratégie globale sur la base de critères autres que ceux de la seule analyse hydraulique.

Pour partager une même vision, les différents acteurs doivent converger vers des notions de pertinence communes. L'approche économique est l'un des éléments aidant à clarifier le débat en intégrant un discours commun (méthode, hypothèse, critère, résultat). Elle participe à l'élaboration d'une vision partagée entre financeurs, élus et maîtres d'ouvrage en proposant une stratégie globale de gestion d'un territoire et en ciblant des actions sur des zones d'étude plus locales.

Par ailleurs, de telles approches conduisent à un dialogue plus approfondi entre techniciens et élus, menant à des réflexions globales d'aménagement du territoire en ouvrant le débat sur de nouveaux arguments apportés par l'analyse économique mais également par des critères autres que les seuls critères techniques ou hydrauliques.

### Outil de programmation, de conduite et d'évaluation

L'approche économique conduit à prioriser et à intégrer une réflexion dans le long terme.

Elle cherche à orienter les décisions vers les solutions les plus pertinentes en argumentant la validité et la rentabilité des aménagements au sein d'une démarche globale.

La mise en œuvre d'analyses économiques entraîne de vraies discussions avec une réouverture (pour les évaluations a posteriori) et une ouverture (pour les évaluations a priori) des débats. On vérifie alors que l'on se situe toujours dans les objectifs partagés.

L'analyse économique mène également à une optimisation du dimensionnement des aménagements en vérifiant la pertinence économique des projets et en évaluant le coût de mesures complémentaires.

Enfin elle facilite le choix et la répartition des moyens humains et financiers entre les différentes actions de prévention des inondations : réduction de la vulnérabilité, système d'alerte et/ou mesures structurelles...

## Les pratiques existantes

Ce chapitre a pour objectif de décrire les pratiques existantes françaises et de s'attarder sur quelques exemples européens.

La première section se concentre sur une présentation succincte des méthodes appliquées en France et en Europe. La seconde section décrit les pratiques existantes déjà recensées en France. Enfin, la troisième section s'intéresse aux pratiques européennes en rappelant le contexte et les guides méthodologiques mis en place au Royaume Uni, en Allemagne, aux Pays Bas et en République Tchèque.

### 1. L'approche économique et la prévention des inondations

Un projet de prévention des inondations génère des bénéfices et des coûts qui peuvent être évalués. Ces estimations sont complexes à la fois d'un point de vue technique et du fait d'un manque de données fiables et disponibles ou de connaissance de certains impacts. Plusieurs méthodes peuvent toutefois être considérées.

Avant de mettre en place ces méthodes, les porteurs des démarches que nous avons recensées se sont posés des questions clés au sujet :

- Des données disponibles ;
- Des besoins et des attentes ;
- Des objectifs de l'outil (technique, concertation, aide à la décision...);
- Du niveau d'échelle retenu ;
- Du budget imparti pour utiliser la méthode ;
- De la communication des résultats et des hypothèses ;
- Du rôle joué par l'outil dans la prise de décision finale ;
- De la communication de la décision finale.

Les approches économiques suivantes vont être présentées très succinctement dans les sections ci-après (une présentation plus détaillée est réalisée en [Annexe A](#)) : l'analyse coût-bénéfice (dommages évités), l'analyse coût-efficacité, l'évaluation multi-critères et les méthodes d'évaluation (contingente et prix hédoniques).

Cette liste des méthodes n'est bien sûr pas exhaustive d'un point de vue théorique mais englobe l'ensemble des méthodes utilisées dans les pratiques existantes recensées ici.

#### 1.1. L'analyse coût-bénéfice (ACB)

Le principe de l'ACB est d'évaluer en terme monétaire, l'ensemble des bénéfices et des coûts d'un projet. Plusieurs projets et scénarii sont analysés et comparés entre eux et/ou à une situation de référence initiale avant travaux. La méthode nécessite donc de traduire les impacts physiques, environnementaux... en données monétaires, ce qui n'est généralement possible que pour une partie seulement des dommages : le manque de données d'évaluation monétaire pour certains impacts ne permet pas de réaliser un bilan complet des coûts et des bénéfices.

Les montants des dommages peuvent être estimés grâce à des fonctions d'endommagement qui lient les paramètres hydrauliques et la nature des enjeux. Deux principaux types de fonctions sont rencontrés dans la littérature : les courbes de dommage concernant un bien donné et les fonctions de dommage établies par zone homogène. Ces deux types de fonctions quantifient un montant de dommage en fonction des paramètres physiques d'aléa influents (hauteur d'eau, durée de submersion, vitesse de montée des eaux ...). Il existe également les coefficients d'endommagement qui quantifient un montant de dommage relatif par rapport à la valeur totale du bien considéré (Hubert et Ledoux, 1999).

## 1.2. L'analyse coût efficacité (ACE)

L'ACE peut être vue comme un cas particulier de l'ACB : un objectif est fixé et les coûts sont minimisés pour atteindre cet objectif. Définir le niveau optimal d'efficacité est un des éléments clés de cette méthode.

Ainsi une ACE a plutôt une perspective ciblée des activités ou des résultats d'un programme alors qu'une ACB a une perspective générale (ensemble de la société).

L'ACE peut être jugée plus simple sur le plan conceptuel et opérationnel, mais elle nécessite tout de même de définir et de partager l'objectif efficace.

## 1.3. L'analyse multi-critères (AMC)

Une analyse multi-critères objective et évalue les impacts des projets selon un certain nombre de critères qui ne sont pas uniquement monétaires. Chacun d'entre eux doit ensuite être noté et pondéré selon une échelle, claire, précise et partagée par les parties prenantes. Une AMC mobilise un panel d'acteurs qui vont évaluer les impacts et les conséquences des projets potentiels.

## 1.4. Les méthodes d'évaluation contingente et des prix hédoniques

Ces deux méthodes sont souvent utilisées lors d'une évaluation des dommages intangibles (stress, paysage ...) et pourraient être utilisées pour évaluer les bénéfices d'une analyse coût bénéfice.

### 1.4.1. La méthode d'évaluation contingente

La méthode d'évaluation contingente vise à obtenir directement auprès des individus la valeur qu'ils attribuent à un programme ou projet modifiant leur environnement. Pour cela, une enquête est mise en oeuvre auprès d'un échantillon représentatif de la population.

Cette méthode est adaptée à l'évaluation des biens non marchands. Mais, les études recensées ayant utilisé une évaluation contingente dans le cadre des inondations ont mesuré les consentements à payer des individus pour la modification du degré d'exposition aux inondations d'un territoire sur lequel ils résident.

#### 1.4.2. La méthode des prix hédoniques

La méthode des prix hédoniques repose sur la relation supposée entre le prix d'un bien marchand et ses caractéristiques, parmi lesquelles certaines sont liées à la qualité de l'environnement. Souvent, la relation étudiée concerne les biens immobiliers.

L'étude sur Charleville-Mézières recensée dans ce manuel a utilisé cette méthode pour révéler le consentement à payer lié à une baisse de cette exposition aux inondations.

#### 2. Comparaison des pratiques françaises (démarche, outil, résultats)

Une trentaine de pratiques ont été recensées et étudiées. L'objectif est de comprendre la démarche mise en place dans sa globalité : les raisons de mise en œuvre de celle-ci jusqu'à la diffusion et l'utilisation des résultats en passant par l'outil économique lui-même.

Chacune de ces méthodes est présentée en [Annexes B](#) sous forme de tableaux récapitulatifs et en [Annexes C](#) sous forme d'un résumé de quelques pages.

Cette section reprend les points clés de mise en place de telles approches : les raisons de la mise en place de la démarche, la détermination de l'aléa et des enjeux, l'évaluation économique et le traitement de l'incertitude.

Tableau 1 : Les études recensées.

Etude	Maître ouvrage	Prestataire	Date	Niveau d'échelle	Méthode économique	Coût
<a href="#">Seine</a>	IIBRBS	HYDRATEC, SIEE, TCA assistés de STRATEGIS, BLC et IAURIF	1998	Macro	Evaluation des dommages	82 700 euros phase 1 et 144 000 euros phase 2
<a href="#">Loire moyenne</a>	Equipe Pluridisciplinaire Loire Grandeur Nature		1999	Macro	Evaluation des dommages et analyse multi-critères	300 000 euros (approche économique)
<a href="#">Rhône</a>	Territoire Rhône	SIEE, AScA, EDATER, TTI	2003	Macro	Evaluation des dommages	
<a href="#">Charente</a>	EPTB Charente	SOGREAH	2004	Macro	Analyse multi-critères	74 052 euros (étude globale incluant une partie économique)
<a href="#">Rhône aval</a>	DIREN Rhône Alpes et Rhône aval	SIEE	2005	Macro	Retour d'expérience-Evaluation des dommages	
<a href="#">Artois Picardie</a>	Agence de l'eau Artois Picardie	ECODECISION	2006	Macro	Retour d'expérience	
<a href="#">Oise-Aisne</a>	Entente Oise Aisne	STRATEGIS	2006	Macro	Evaluation des dommages	60 000 euros (coût global : 582 000 euros)
<a href="#">PACA</a>	DIREN PACA	SCE	2007	Macro	Evaluation des dommages	50 000 euros environ
<a href="#">Thèse de J-P Torterotot</a>	Ecole Nationale des Ponts et Chaussées		1993	Meso	Evaluation des dommages et incertitude	
<a href="#">Isère</a>	Association Départementale Isère-DRAC-Romanche	SOGREAH	1994	Meso	ACB	
<a href="#">Charente Saint Savignien</a>	Institution Interdépartementale de la Charente	BCEOM	2000	Meso	ACB	21 156 euros (analyse économique)
<a href="#">Meuse</a>	EPAMA	BCEOM	2001	Meso	Evaluation des dommages	686 000 euros, dont 76 000 euros pour le volet économique
<a href="#">Touloubre</a>	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la Touloubre	SOGREAH	2002	Meso	Evaluation des dommages	
<a href="#">Huisne</a>	Institution Interdépartementale du bassin de l'Huisne	ASCONIT et IDEA	2004	Meso	Analyse multi-critères	
<a href="#">Yzeron et Le</a>	Ecole Nationale		2004	Meso	Evaluation	

<a href="#">Mans</a>	Supérieure des Arts et Métiers					contingente	
<a href="#">Méthode MRN</a>	Mission Risque Naturel		2005	Meso		Evaluation des dommages	
<a href="#">Charleville-Mézières</a>	D4E	BCEOM	2005	Meso		Evaluation contingente et prix hédoniques	
<a href="#">Sarthe</a>	DDE Sarthe	SAFEGE	2006	Meso		ACB	
<a href="#">Quimper</a>	Conseil Général Finistère	SAFEGE	2006	Meso		ACB	
<a href="#">Orb</a>	CG 34	CEMAGREF Montpellier et BCEOM	2007	Meso		ACB	32 000 euros
<a href="#">Romanche</a>	SYMBHI	AGRESTIS, HYDRETUDE S et SAGE Ingénierie	2007	Meso		ACB	10 000 euros (coûts total 200 000 euros)
<a href="#">Rhône aval Beaucaire</a>	DIREN Rhône Alpes	SOGREAH, STRATEGIS	2007	Meso		Evaluation des dommages	15 000 euros environ (en complément de l'étude du Territoire Rhône)
<a href="#">Sarthe Amont</a>	Institution Interdépartementale du Bassin Sarthe Amont	ASCONIT	2007	Meso		Analyse multi-critères	
<a href="#">Rhône Viviers Beaucaire</a>	DIREN Rhône Alpes	SOGREAH, STRATEGIS	2008	Meso		Evaluation des dommages	15 000 euros environ (en complément de l'étude du Territoire Rhône)
<a href="#">Marne</a>	Entente Marne	HYDRATEC	2008	Meso		Evaluation des dommages (travail en cours)	
<a href="#">Bruche</a>	ENGEESS		2008	Meso		Evaluation des dommages et sensibilité	
<a href="#">Cheffes sur Sarthe</a>	DDE Maine et Loire	BCEOM	2003	Micro		Evaluation des dommages	
<a href="#">La truchère</a>	EPTB Saône Doubs	HYDRATEC	2005	Micro		ACB	30 000 euros (coût global : 60 200 euros HT)
<a href="#">Labergement-Les-Auxonne</a>	EPTB Saône Doubs	HYDRATEC	2006	Micro		ACB	15 000 euros (coût global : 52 250 HT)
<a href="#">Varennes le Grand</a>	EPTB Saône Doubs	BCEOM	2006	Micro		Evaluation des dommages	15 000 euros HT

## 2.1. Les démarches

Les démarches, dans lesquelles les études recensées se sont inscrites, sont diverses. Celle qui sera retenue va conditionner le niveau de précision des données nécessaires, les approches, les hypothèses et les méthodes à mettre en oeuvre.

La première distinction concerne l'échelle spatiale, trois niveaux peuvent être pris en compte<sup>2</sup> : micro, meso ou macro. Ces niveaux ont les caractéristiques suivantes.

Tableau 2 : Les caractéristiques des approches micro, meso et macro.

Echelle	Taille de l'aire géographique	Niveau de gestion	Précision	Quantité de données nécessaire
Macro	(Inter)national	Politiques de gestion des inondations	Faible	Faible
Meso	Régional	Stratégies de gestion des inondations à échelle moyenne	Moyenne	Moyenne
Micro	Local	Mesures de protection isolées	Elevée	Elevée

Source : [Messner et al.](#), 2007

Les démarches dépendent du contexte de l'étude mais aussi du choix de l'utilisation future de l'outil. Nous distinguons quatre cas principaux :

- Outil d'aide la décision :
  - o Echelle micro : Cheffes sur Sarthe ; La Truchère ; Labergement-les-Auxonne, Varennes le Grand ;
  - o Echelle meso : Charente, Huisne, Sarthe, Quimper, Sarthe amont, Rhône aval Beaucaire et entre Viviers et Beaucaire, Marne, Quimper ;
  - o Echelle macro : Loire moyenne (mise en place d'une stratégie à l'échelle du bassin), Seine, Meuse, Rhône ;
- Outil méthodologique : Orb, Marne, Charleville Mézières, Oise Aisne, PACA, Loire moyenne (analyse multi-critères), la thèse de JP Torterotot, Yzeron et le Mans, Bruche ;
- Outil mis en œuvre pour une utilisation initiale interne aux services : Oise Aisne ; Loire moyenne (évaluation enjeux et dommages), Isère, Romanche, Touloubre ;
- Outil de retour d'expérience : Rhône aval, Artois Picardie.

Tous les outils nécessitent de disposer d'un aléa d'inondation, de recenser les impacts et d'évaluer les dommages. Pour ce faire, les méthodes utilisées passent par une description de l'occupation du territoire exposé à l'inondation à travers les enjeux présents sur le territoire.

## 2.2. L'aléa

L'aléa correspond à ce qui caractérise la submersion, indépendamment du mode d'occupation des sols ([Hubert et Ledoux](#), 1999). La prise en compte de l'aléa s'est faite de deux façons : des crues historiques et/ ou synthétiques ont été simulées (voir [Annexe B](#)).

Les modèles hydrauliques utilisés pour simuler les crues sont principalement des modèles à casiers. Les outils de cartographie utilisés en aval des modèles ne sont pas toujours précisés. Le lien entre le modèle hydraulique et l'évaluation économique s'est fait en intégrant des paramètres de submersion dans les fonctions de dommage.

---

<sup>2</sup> L'[Annexe E](#) précise comment définir le niveau d'échelle d'une étude en fonction d'un certain nombre de critères.

Concernant l'enjeu habitat, pour la grande majorité des cas, seule la hauteur d'eau est intégrée. Pour l'évaluation des dommages subis par les entreprises, certaines études prennent aussi en compte la durée de submersion (Loire moyenne, Oise Aisne, Rhône aval Beaucaire ...). Enfin, la vitesse d'écoulement ainsi que la période pendant laquelle l'inondation se produit, sont deux éléments parfois intégrés dans le cas de l'enjeu agricole.

### 2.3. Les enjeux

Les enjeux suivants ont été considérés en tout ou partie par les différentes études recensées :

- L'habitat : Toutes les études (100%) recensées prennent en compte l'enjeu habitat. Les sources de données sont variées : enquêtes de terrain, enquêtes postales, données auprès des préfetures, DDE, des agences d'urbanismes, de la FFSA, de la MRN... Les données obtenues sont donc de natures diverses : des données de subventions, de dommages ou des prix au m<sup>2</sup>, des surfaces, des hauteurs de planchers... ;
- Les activités économiques : Dix-neuf études (83%) intègrent cet enjeu. La nature et les sources de données sont aussi très variables ;
- Les enjeux agricoles : Dix-sept études (74%) considèrent cet enjeu. La plupart d'entre elles retiennent dans l'analyse la période de l'année où l'inondation se produit ;
- Les infrastructures et les réseaux, c'est-à-dire les équipements publics (10 études, 43%), la voirie (5 études, 22%), les réseaux routiers (7 études, 30%), le réseau eau (4 études, 17%), le réseau électricité (5 études, 22%), les lignes haute tension (1 étude, 4%), le réseau ferré (4 études, 17%), les voies d'eau (2 études, 9%) ;
- Les enjeux humains, c'est-à-dire la population touchée en tant que telle (3 études, 13%) ;
- Les campings (2 études, 9%) ;
- Les rivières et les digues (2 études, 9%).

Le recensement de ces enjeux se fait par approche zonale (on ne compte pas les biens exposés individuellement mais on regarde l'occupation du sol) ou par dénombrement des biens eux-mêmes :

- L'approche zonale se déroule en deux temps ([D4E](#), 2007) :
  - o D'abord cartographier le territoire inondable de l'aire d'étude en zones homogènes du point de vue de l'occupation du sol. La typologie des zones correspond autant que possible à la typologie des enjeux ;
  - o Ensuite attribuer à chaque type d'occupation du sol une densité moyenne de biens (par exemple, nombre de logements pavillonnaires à l'hectare pour le type de zone « habitat individuel »). Cette étape est probablement la plus délicate et la plus grande source d'approximations ;
- L'approche par entité de biens consiste, à l'échelle de chaque casier hydraulique, à comptabiliser précisément le nombre des enjeux étudiés notamment l'habitat et les entreprises. Cette approche exige un travail d'enquêtes de terrain.

## 2.4. L'évaluation des dommages

Les dommages sont tout d'abord qualifiés soit de tangibles ou d'intangibles ([Hubert et Ledoux, 1999](#)) :

- Les dommages tangibles correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire ;
- Les dommages intangibles sont des effets difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances.

Parmi les dommages tangibles et intangibles, certains sont qualifiés de directs ou d'indirects ([D4E, 2007](#)) :

- Les dommages directs correspondent à des dégâts matériels (destruction, endommagement) imputables à l'impact physique de l'inondation ;
- Les dommages indirects sont les conséquences sur les activités, les échanges des dégâts matériels (perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks ou de l'outil de production)... Parfois, le dommage indirect n'est pas la conséquence d'une perte directe mais de la submersion elle-même (par exemple, perte d'exploitation d'une entreprise suite au caractère impraticable des voies d'accès en raison de leur submersion).

Les tableaux ci-après proposent une typologie de ces dommages selon les enjeux en l'illustrant avec quelques exemples (liste non exhaustive).

Tableau 3 : Dommages tangibles.

Cible	Dommages directs	Dommages indirects
Habitat/Ménage	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers	Nettoyage/séchage Relogement
Activités industrielles, artisanales et commerciales	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers, de l'outil de travail, des stocks...	Chômage technique Perte d'exploitation Nettoyage/séchage
Activités agricoles	Dégradation ou destruction du siège d'exploitation, destruction des cultures et perte de fonds, destruction du cheptel	Perte d'exploitation Nettoyage/séchage
Activités de services et équipements publics	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers	Nettoyage/séchage Organisation des secours Interruption des services
Réseaux et infrastructures	Dégradation ou destruction du patrimoine	Interruption de fonctionnement
Développement local		Détérioration des finances locales Baisse du prix du foncier et de l'immobilier
Patrimoine culturel, historique...	Dégradation ou destruction du patrimoine	Nettoyage/séchage

Source : [Hubert et Ledoux, 1999](#) et auteur.

Tableau 4 : Dommages intangibles.

Cible	Dommages directs	Dommages indirects
Habitat/Ménage	Perte de vies humaines et accidents	Effets psychologiques Effets sur la santé à long terme
Activités industrielles, artisanales et commerciales	Perte de vies humaines et accidents	Effets psychologiques sur les employés et les responsables
Activités agricoles	Perte de vies humaines et accidents	Effets psychologiques sur l'exploitant
Activités de services et équipements publics	Perte de vies humaines et accidents	Inconvénients subis par les usagers
Réseaux et infrastructures		Inconvénients subis par les usagers
Développement local		Inconvénients subis par les citoyens et la société (perte d'attractivité touristique...)
Environnement		Evolution des milieux naturels dans le temps
Patrimoine culturel, historique...	Perte de vies humaines et accidents	

Source : [Hubert et Ledoux](#), 1999 et auteur.

#### 2.4.1. Dommages directs

Les dommages concernent l'habitat (100% des études recensées), les activités économiques (89%), l'agriculture (75%), les infrastructures et réseaux, les enjeux humains (11%), les campings (7%), les rivières et les digues (7%). Pour chacun de ces enjeux, les méthodes d'évaluation des dommages sont exposées :

- Dommages à l'habitat
  - o Elaboration des courbes de dommages (5 études dont 3 macro et 2 meso, 18%<sup>3</sup>) ;
  - o Utilisation de courbes existantes (7 études dont 2 macro et 5 meso, 25%) : celles de la DREIF<sup>4</sup>, de JP Torterotot, du Territoire Rhône et de la Seine ;
  - o Retour d'expérience (13 études dont 3 macro, 6 meso, 4 micro, 46%) ;
  - o Utilisation d'un ratio (3 études meso, 11%) ;
- Dommages aux activités économiques
  - o Elaboration des courbes de dommages (5 études dont 4 macro et 1 meso, 20%) ;
  - o Utilisation de courbes existantes (7 études dont 2 macro et 5 meso, 28%) : celles d'une étude australienne, du Plan Loire Grandeur Nature, de la Seine et du Territoire Rhône ;
  - o Utilisation d'un ratio (5 études meso, 20%) ;
  - o Retour d'expérience (8 études dont 3 macro, 4 meso et 1 micro, 32%) ;
- Dommages agricoles
  - o Elaboration des courbes de dommages (7 études dont 2 macro et 5 meso, 33%) ;

<sup>3</sup> Les pourcentages notés entre parenthèse sont calculés en fonction du total de chaque catégorie.

<sup>4</sup> DREIF : Direction Régionale de l'Équipement Ile-de-France.

- Utilisation de courbes existantes (4 études dont 2 macro et 2 meso, 19%) :  
celles de JP Torterotot, et du Territoire Rhône ;
- Retour d'expérience (9 études dont 3 macro, 4 meso et 2 micro, 43%) ;
- Utilisation d'un ratio (1 étude meso, 5%) ;
- Dommages aux infrastructures et aux réseaux
  - Equipement / ERP<sup>5</sup>
    - § Elaboration des courbes de dommages (3 études macro, 27%) ;
    - § Traités comme les bâtis (1 étude meso, 9%) ;
    - § Retour d'expérience (6 études dont 3 macro, 2 meso et 1 micro, 55%) ;
    - § Utilisation d'un ratio (1 étude meso, 9%) ;
  - Voirie
    - § Retour d'expérience (5 études dont 2 macro, 1 meso et 2 micro, 100%) ;
  - Réseau routier
    - § Retour d'expérience (6 études dont 3 macro et 3 meso, 75%) ;
    - § Nombre de kilomètres touchés (1 étude macro, 13%) ;
    - § Simulation du temps perdu du fait de la perturbation du trafic (1 étude macro, 13%) ;
  - Réseau ferré
    - § Retour d'expérience (4 études dont 3 macro et 1 meso, 80%) ;
    - § Groupe de travail (1 étude macro, 20%) ;
  - Réseau eau
    - § Enquête (1 étude macro, 20%) ;
    - § Retour d'expérience (3 études dont 2 macro et 1 meso, 60%) ;
    - § Groupe de travail (1 étude macro, 20%) ;
  - Réseau électricité
    - § Retour d'expérience (4 études dont 3 macro et 1 meso, 67%) ;
    - § Longueur de linéaire de ligne haute tension par cellule (1 étude macro, 17%) ;
    - § Groupe de travail (1 étude macro, 17%) ;
  - Réseau gaz
    - § Groupe de travail (1 étude macro, 100%) ;
  - Télécommunication
    - § Groupe de travail (1 étude macro, 100%) ;
  - Voie d'eau
    - § Retour d'expérience (2 études macro, 100%) ;
- Enjeux humains
  - Population touchée (3 études macro, 100%) ;
- Autres enjeux
  - Camping
    - § Elaboration des courbes de dommages (1 étude meso, 50%) ;
    - § Utilisation de grille d'endommagement (1 étude meso, 50%) ;
  - Rivières et Digues

---

<sup>5</sup> ERP : Etablissement Recevant du Public.

§ Retour d'expérience (2 études macro, 100%).

#### 2.4.2. Dommages indirects

Les dommages indirects concernent l'habitat (10%), les activités économiques (18%), les équipements (5%), les surfaces agricoles et les équipements sportifs (5%), les équipements et bureaux (5%), les établissements d'enseignement (5%) et les établissements de santé (5%).

Pour évaluer ces dommages, plusieurs méthodes ont été utilisées :

- Habitat
  - o Formules avec utilisation d'un coût unitaire (1 étude macro, 50%) : population touchée, coût évacuation, coût séchage ;
  - o Ratio dommages directs / indirects (1 étude, meso 50%) ;
- Activités économiques
  - o Coûts liés à l'interruption de l'activité (1 étude macro, 25%) ;
  - o Ratio dommage direct/indirect (3 études dont 1 macro et 2 meso, 75%) ;
- Equipements
  - o Ratio (1 étude meso, 100%) ;
- Surfaces agricoles et équipements sportifs
  - o Formules avec utilisation d'un coût unitaire (1 étude macro, 100%) : coût nettoyage, coût de retard, prix de l'utilisation des équipements non perçus par les établissements ;
- Equipements et bureaux
  - o Ratio dommage direct/indirect (1 étude macro, 100%) ;
- Etablissements d'enseignement
  - o Formules avec utilisation d'un coût unitaire (1 étude macro, 100%) : coût nettoyage, coût location des locaux de remplacement ;
- Etablissements de santé
  - o Formule avec utilisation d'un coût unitaire (1 étude macro, 100%) : coût de remplacement.

#### 2.4.3. Dommages intangibles

Les dommages intangibles n'ont été estimés par aucune étude.

#### 2.5. L'évaluation des coûts

Huit études s'attardent sur l'évaluation des coûts. Ces coûts sont liés à des coûts de travaux. Sont inclus les coûts d'investissement, les coûts de fonctionnement et/ou les coûts d'entretien. Cette évaluation de coût est essentielle pour une ACB. Les études n'intégrant pas ces estimations ne réalisent alors qu'une évaluation des dommages.

#### 2.6. Le critère de décision

Sept études prennent en compte un critère de décision. La théorie économique préconise d'utiliser la valeur actuelle nette. Ce critère est employé par l'étude de l'Orb. Les six autres études intègrent des critères différents qu'il sera intéressant d'analyser avec attention.

L'étude de l'Orb propose un critère évalué a priori : la valeur actualisée nette (VAN). Comme l'explique [Erdlenbruch et al. \(2008\)](#), la VAN permet de comparer bénéfices et coûts actualisés et de juger de la pertinence du projet. Il s'agit d'un indicateur synthétique qui met en balance le montant de l'investissement réalisé et les bénéfices actualisés du projet. La

VAN est calculée de la manière suivante : 
$$VAN = -C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r_i)^i} (B_i - C_i)$$

avec  $C_0$  le coût initial du projet (ici au temps  $i=0$ ),  $B_i$  les bénéfices liés au projet (attendus à la période  $i$ ),  $C_i$  les coûts de fonctionnement du projet (à la période  $i$ ),  $n$  l'horizon temporel<sup>6</sup> du projet et  $r_i$  le taux d'actualisation<sup>7</sup>. Le projet est pertinent économiquement si la VAN est positive. Les bénéfices peuvent être mesurés par les dommages évités moyens annuels.

La DIREN PACA utilise trois rapports comme critère de décision (utilisation des critères a posteriori) :

- Rapport Dommage/travaux (4 seuils de décision : <0,8 ; 0,8-1,2 ; 1,2-5 ; >5) ;
- Rapport Dommage/habitants : divisé par 100, il correspond à la somme d'argent (minimum) à mutualiser annuellement pour chaque habitant pour compenser les dommages potentiels des inondations ;
- Rapport Travaux/habitants : divisé par 100, ce rapport correspond à la part mutuelle des habitants aux investissements à consentir.

L'étude de Quimper compare les gains et les coûts par le biais d'un rapport gain/investissement, ce qui représente le gain calculé pour 1 € investi.

L'étude de Sarthe analyse le ratio gain/coût de l'aménagement sur 100 ans.

L'étude menée sur la commune de La Truchère intègre la notion de retour sur investissement. En effet, le coût moyen annuel du dommage direct lié aux inondations est estimé à 39 000 €/an (coût moyen calculé sur une période de cent années). Le gain qu'il y aurait à réaliser une protection permettant de sauvegarder la zone jusqu'à une période de retour de 40 ans s'élève à 33 000 €/an. Si l'on considère le coût de l'investissement de l'aménagement proposant une protection jusqu'à 40 ans (578 000 €) augmenté du coût d'exploitation des ouvrages (1000 €/an pour l'entretien des digues et 350 €/an pour la visite

---

<sup>6</sup> « L'horizon temporel correspond à la durée sur laquelle sont considérés les flux de coûts et de bénéfices associés au projet. Il est parfois désigné par le terme "durée de vie du projet", mais ce terme est trompeur parce qu'il sous-entend que c'est la durée de la vie de l'aménagement qui doit être considéré, alors que l'horizon temporel dépend également de la fiabilité d'autres paramètres, comme l'occupation du sol. Il est important de noter que, à l'instar du taux d'actualisation, l'horizon temporel n'est pas un paramètre qui doit être adapté de façon ad hoc à chacun des projets évalués, mais bien un paramètre qui doit être fixé à un niveau national pour permettre une comparaison entre les différents projets de même nature. Malheureusement, en France, de telles préconisations n'existent pas notamment dans le cadre des projets de prévention des inondations ». ([Erdlenbruch et al. \(2008\)](#))

<sup>7</sup> Le Commissariat Général du Plan définit l'actualisation comme une « opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien, d'une dépense à une valeur actuelle... » Le taux d'actualisation traduit la valeur du temps pour une entreprise ou une collectivité. Il peut être interprété comme le prix du temps. Selon les recommandations du Commissariat Général du Plan, le taux d'actualisation de base s'élève à 4%. Il est ensuite décroissant avec le temps à partir de 30 ans pour approximer 2% à très long terme.

annuelle de la station de relevage), le retour sur investissement est obtenu au bout de 18 ans si l'on ne prend pas en compte le coût de la dette à contracter, et plus vraisemblablement à 30 ans si on tient compte des frais financiers liés à l'emprunt (la durée réelle de l'amortissement de cet investissement pour la commune dépendra du taux des subventions qui lui seront accordées, ainsi que du taux de l'emprunt à négocier).

Les auteurs concluent que l'investissement proposé est intéressant financièrement.

L'étude de Labergement-Les-Auxonnes intègre également la notion de retour sur investissement. Le coût moyen annuel du dommage direct aux habitations lié aux inondations est estimé par la méthode exposée plus haut à 9600-11200 €/an (calculé sur une période de 100 années) et 4000-8200 €/an (calculé sur une période de 50 années). Le coût moyen annuel du dommage lié aux inondations sur les zones cultivées situées dans l'enceinte de digue est alors de 7650-14000 €/an (calculé sur une période de cent années), 7300-13400 €/an (calculé sur une période de cinquante années), et 7000-12300 €/an (calculé sur une période de vingt-cinq années).

En intégrant dans le calcul les charges annuelles d'entretien, le retour sur investissement est le suivant :

- Solution de base : 133 ans ;
- Solution variante n° 1 : 119 ans ;
- Solution variante n° 2 : 100 ans.

Les travaux se révèlent être assez coûteux mais peuvent être réalisés selon d'autres critères (situation historique par exemple).

L'étude de l'Isère évalue le taux de rentabilité économique interne qui permet de situer l'intérêt des différents scénarii hydrauliques (avec ou sans rupture de digue) entre 5,2 et 11,1%.

Ce taux de rentabilité est, par définition, le taux d'actualisation qui aboutit à un revenu net total actualisé égal à zéro. Ainsi le taux de rentabilité interne, utilisé comme taux d'actualisation est tel que la somme des avantages actualisés est égale à la somme actualisée des coûts d'investissement et d'exploitation :

$$\sum \frac{R_n - C_n - I_n}{(1+i)^n} = 0$$

avec  $R_n$  la recette de l'année  $n$

$C_n$  le coût d'exploitation de l'année  $n$

$I_n$  le coût d'investissement de l'année  $n$

$i$  le TRI (taux de rentabilité interne)

D'après les auteurs, compte tenu de l'ampleur des populations à protéger et des intérêts économiques en jeu, par rapport au montant d'investissement, l'intérêt du projet semble dépasser le cadre de la seule rentabilité économique, pour le cadre plus large de l'intérêt collectif général.

## 2.7. L'évaluation multi-critères

Quatre études ont été répertoriées.

L'objectif de la première étude, consacrée au bassin de la Charente, est de choisir le meilleur scénario (parmi 10 scénarii identifiés) d'aménagement de la Charente.

Sept critères sont retenus et notés entre -3 et 3 :

- Û Le milieu naturel (milieu aquatique, ZNIEFF<sup>8</sup>, ZICO<sup>9</sup>, Régime des eaux, Paysage) ;
- Û L'économie du projet (investissement comparé à la capacité financière de l'institution, coût d'exploitation, coût d'entretien et foncier) ;
- Û L'impact sur les usagers, riverains et acteurs du fleuve (activité agricole, loir/pêche/chasse, phases travaux) ;
- Û La faisabilité technique des travaux. (difficulté des travaux, faisabilité des méthodes) ;
- Û L'efficacité du projet. (le vécu des crues courantes, des crues rares, les gains/investissements) ;
- Û La complexité réglementaire (Natura 2000, Loi Eau, Enquête publique) ;
- Û Les délais des travaux. (les risques liés au mode décisionnel, la durée des travaux, la durée de mise en service).

Le critère efficacité inclut une analyse économique.

La pondération des critères a été effectuée en fonction de trois attitudes différentes face aux enjeux du projet (attitude « usagers », attitude « environnement » et attitude « efficacité ») et une attitude moyenne dite d'équilibre.

Le classement des scénarios est alors réalisé selon les quatre attitudes retenues. Ce classement a permis de retenir l'aménagement de trois chenaux (trois fois premier et une fois second) avec un curage en amont (deux fois second, une fois troisième et une fois quatrième).

Les études « Huisne » et « Sarthe Amont » s'intéressent à la question de la vulnérabilité de leurs territoires. Ces deux études ne prennent pas en compte de critère économique.

Les études sur le bassin de l'Huisne et sur celui de la Sarthe Amont ont été menées par le même bureau d'étude et ont des objectifs communs :

- Hiérarchisation des sous bassins générateurs de crues ;
- Définition des potentialités des zones d'expansion de crue ;
- Vulnérabilité potentielle.

Les critères retenus sont les suivants :

Tableau 5 : Critères des études Sarthe Amont et Huisne.

Etude	Sarthe Amont	Huisne
Hiérarchisation des sous bassins générateurs de crues	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critères géomorphologiques :               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pente longitudinale des cours d'eau ;</li> <li>o Densité du réseau hydrographique ;</li> <li>o Energie du bassin ;</li> <li>o Forme du réseau hydrographique ;</li> <li>o Perméabilité des couches géologiques ;</li> <li>o Importance des secteurs faillés ;</li> </ul> </li> </ul>	Critères des milieux naturels : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pente longitudinale des cours d'eau ;</li> <li>o Forme des sous-bassins versants ;</li> <li>o Imperméabilité des couches géologiques ;</li> <li>o Secteur faillé ;</li> <li>o Pluviométrie exceptionnelle Pj10 ;</li> </ul> Critères liés aux cours d'eau : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Sinuosité locale des cours d'eau ;</li> </ul>

<sup>8</sup> Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique.

<sup>9</sup> Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Recalibrage des cours d'eau ;</li> <li>- Critères hydrologiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Débits spécifiques de crue décennale ;</li> <li>o Pluviométrie annuelle moyenne ;</li> <li>o Nombre de jours de gel ;</li> </ul> </li> <li>- Critères d'occupation du sol <ul style="list-style-type: none"> <li>o Proportion des surfaces imperméabilisées ;</li> <li>o Proportion des terres labourables ;</li> <li>o Proportion des surfaces toujours en herbe ;</li> <li>o Proportion des surfaces boisées ;</li> <li>o Proportion des surfaces remembrées ;</li> <li>o Proportion des surfaces drainées.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Ripisylve ;</li> <li>o Débit de crue décennale spécifique (Q10spé) ;</li> <li>Critères liés aux activités humaines <ul style="list-style-type: none"> <li>o Occupation du sol non agricole ;</li> <li>§ Surfaces imperméabilisées ;</li> <li>§ Surfaces boisées ;</li> <li>o Modifications du milieu liées aux activités agricoles ;</li> <li>§ Terres labourables ;</li> <li>§ Surfaces toujours en herbe (STH) ;</li> <li>§ Surfaces drainées ;</li> </ul> </li> <li>Communes remembrées</li> </ul>
Définition des potentialités des zones d'expansion de crue	<p>Critères géomorphologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone altimétrique ;</li> <li>- Formations alluviales et colluviales ;</li> <li>- Pente des versants ;</li> <li>- Zones humides potentielles ;</li> <li>- Point de resserrement latéral du lit majeur ;</li> </ul>	<p>Données existantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PPRI sur l'Huisne ;</li> <li>- Zones inondables déjà identifiées ;</li> <li>- Sites potentiellement récepteurs d'ouvrages écrêteurs de crue ;</li> </ul> <p>Critères milieu naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition d'une zone d'étude selon l'altimétrie relative au cours d'eau ;</li> <li>- Formations alluviales et colluviales ;</li> <li>- Carte générale des pentes ;</li> <li>- Pentes du lit mineur ;</li> <li>- Points de resserrement latéral du lit majeur.</li> </ul>
Vulnérabilité potentielle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critères liés à la vulnérabilité potentielle : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Occupation du sol ;</li> <li>o Bâti et densité du bâti ;</li> <li>o Densité de population ;</li> <li>o Proportions d'habitants en maison individuelle ;</li> </ul> </li> <li>- Critères liés à l'évolution de la vulnérabilité potentielle : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Présence d'un PPRI ;</li> <li>o Evolution de la population ;</li> <li>o Evolution du nombre d'habitants en maison individuelle ;</li> </ul> </li> <li>- Critères liés à l'évolution des facteurs de crue : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Evolution des surfaces imperméables ;</li> <li>o Evolution des surfaces toujours en herbe ;</li> <li>o Evolution des terres labourables ;</li> <li>o Evolution des surfaces drainées.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Occupation du sol : Type d'occupation du sol ;</li> <li>- Population et habitat : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Bâti et densité du bâti ;</li> <li>o Densité de population ;</li> <li>o Type d'habitat : proportion d'habitants en maison individuelle ;</li> </ul> </li> <li>- Evolution de la vulnérabilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Evolution de la population,</li> <li>o Comparaison du nombre d'habitants en maisons individuelles datant d'avant et d'après 1982,</li> </ul> </li> <li>- Evolution de facteurs influant sur la génération des crues : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Evolution des surfaces toujours en herbe,</li> <li>o Evolution des terres labourées.</li> </ul> </li> </ul>

Les pondérations sont précisées pour chacune de ces deux études dans les [Annexes C \(Annexe C 14 pour l'étude Sarthe Amont et Annexe C 18 pour l'étude Huisne\)](#).

Ces deux études permettent de révéler des territoires pour lesquels la vulnérabilité potentielle aux inondations est importante.

Enfin, la dernière étude concerne la Loire Moyenne. L'objectif de l'équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature était de mettre en œuvre une analyse multi-critères comme outil d'aide à la décision. Une réflexion sur les critères a été menée mais sans avoir l'opportunité d'aller au bout de l'analyse. Les critères suivants ont été retenus, avec comme critère filtre : l'acceptabilité de la stratégie (fragilité de la mise en place de la stratégie à son acceptation par les riverains avec une échelle qualitative à trois échelons).

Enjeux et impacts :

- Critère n°1 : Population : nombre de personnes dans les zones inondées ;
- Critère n°2 : Evolution des enjeux : nombre de personnes dans les zones inondées des 3 vals amont et du val d'Ouzouer à l'horizon 2020 ;
- Critère n°3 : Habitat : Montant des dommages aux logements ;
- Critère n°4 : Activités économiques : Montant des dommages aux activités ;
- Critère n°5 : Activités économiques : Nombre d'entreprises ou nombre de salariés ;
- Critère n°6 : Equipements : nombre d'équipements « stratégiques » (essentiels pour la gestion de la crise, ou difficiles à évacuer) ;
- Critère n°7 : Impact sur l'environnement naturel : échelle qualitative à cinq échelons ;

Levées :

- Critère n°8 : Rupture des levées : nombre de ruptures par surverse ;
- Critère n°9 : Atteinte aux levées : risque de rupture autre que par surverse  
Combinaison des paramètres : linéaire de banquettes, hauteur d'eau sur les banquettes, durée ;
- Critère n°10 : Atteinte aux levées : déstabilisation des pieds de levée sur 4 vals concentrant la majorité des enjeux (Orléans, Cisse, Tours et Authion)  
Combinaison de paramètres : hauteur d'eau sur les levées et durée ;

Stratégie

- Critère n°11 : Investissement : montant des investissements nécessaires pour la réalisation des opérations d'aménagement ;
- Critère n°12 : Fonctionnement : coût des travaux d'entretien des opérations d'aménagement ;
- Critère n°13 : Date au plus tôt de la mise en œuvre opérationnelle de la stratégie ;
- Critère n°14 : Degré d'importance de la maintenance et complexité de la chaîne de décision. Echelle qualitative à trois échelons.

## 2.8. L'apport des méthodes d'évaluation contingente et des prix hédoniques

Ces deux méthodes pourraient être utilisées pour évaluer les bénéfices d'une analyse coût bénéfique et pour évaluer les dommages intangibles (stress, paysage ...). Les exemples trouvés dans le cas des inondations s'intéressent plutôt à l'évaluation du risque d'inondation.

La méthode d'évaluation contingente de l'étude de Charleville-Mézières repose sur deux scénarios fictifs qui ont été proposés aux personnes interrogées. Le premier interroge des personnes inondables sur leur volonté de souscrire ou non à un contrat d'assurance

inondation. La somme accordée par les riverains pour s'assurer représente le montant financier qu'ils accordent à tous les dommages qu'ils subissent donc représente une approximation des bénéfices qu'ils accordent pour ne plus être inondés.

Le second scénario pose la question suivante: « Combien accepteriez-vous de payer annuellement pour financer des travaux, en complément de votre système d'indemnisation actuel ? » La somme accordée est une estimation des bénéfices qu'ils accordent à la baisse du risque inondation.

L'évaluation contingente de l'étude d'Yzeron et du Mans

L'évaluation contingente est utilisée pour mesurer les consentements à payer des individus pour la modification du degré d'exposition aux inondations d'un territoire sur lequel ils résident. La question principale posée est de savoir quel prix les individus interrogés accordent à une protection collective contre les inondations. Trois niveaux de protections sont pris en compte : peu fréquent, rare et très rare.

La méthode des prix hédoniques de l'étude de Charleville-Mézières

L'objectif est de déterminer l'impact de la localisation en zone inondable sur le prix des logements. Cette valeur est une estimation des bénéfices qu'ils accordent à la disparition du risque inondation.

## 2.9. Incertitude et sensibilité

L'incertitude est un facteur clé pour toute modélisation. Au niveau des analyses coût-bénéfice et des analyses multi-critères, l'incertitude peut apparaître à différents stades. Messner et al. (2007) identifient différentes sources d'incertitude :

- Modèle hydrologique, hydraulique, de changement climatique ;
- Occupation du sol ;
- Fonctions de dommage ;
- Evaluation des coûts ;
- Taux d'actualisation ;
- ...

Très peu d'études n'ont, pour l'instant, réellement traité ces questions d'incertitude et de sensibilité.

L'étude Seine compare des résultats issus de différents modes de calculs : sensibilité du dommage à l'habitat selon trois courbes d'endommagement retenues et comparaison des dommages aux activités calculés suivant plusieurs méthodes d'évaluation des densités d'employés par classe MOS.

Une étude réalisée sur le bassin de la Touloubre s'intéresse à la sensibilité des paramètres en utilisant la méthode de Monte Carlo. Cette étude n'a pu être consultée avant la rédaction de ce rapport.

La thèse de JP Torterotot propose une méthode d'analyse de la sensibilité par la méthode de Monte Carlo. Cette méthode est appliquée à un modèle local et régional de la Loire.

Enfin, l'étude de Bruche analyse l'effet de différentes hypothèses de caractérisation de la vulnérabilité de l'occupation du sol. Ces hypothèses s'appuient sur des bases de données plus ou moins raffinées. Les méthodes les plus opérationnelles ont été calées en fonction de la méthode la plus fiable à l'échelle communale. L'auteur montre que « la transposition des

paramètres à l'intercommunalité a permis d'évaluer les dommages avec une sous estimation de 8% à 11% des dommages et une conservation de la répartition des dommages, avec une augmentation très significative du caractère opérationnel à l'échelle intercommunale. »

### 3. Quelques exemples étrangers

Les exemples étrangers recensés propose principalement une description des outils qu'il est obligatoire d'utiliser (par exemple au Royaume Uni depuis les années 70 pour obtenir des subventions du gouvernement central pour la construction d'un ouvrage de protection et en Allemagne depuis une loi de 1972 relative à la révision des budgets du gouvernement fédéral et des Länders, pour évaluer la pertinence économique des actions de prévention des inondations). Ces pratiques sont détaillées dans les [Annexes D](#).

Une analyse des démarches et des outils concrètement mis en place dans ses pays sera effectuée durant l'été 2008.

#### 3.1. Le Royaume Uni

On dispose au Royaume Uni d'une démarche officielle utilisée par le DEFRA et l'Environment Agency pour identifier le projet de protection contre les inondations le plus efficace pour obtenir des aides financières. L'efficacité économique est mesurée par le biais d'un ratio coût bénéfice.

Cette démarche officielle fait suite à un travail engagé depuis les années 70, en Angleterre (et au Pays de Galles), pour évaluer le risque lié aux inondations ainsi que les dommages à différents niveaux d'échelle ([Meyer et al.](#), 2005).

Un système hiérarchique des risques et des dommages est développé depuis plusieurs années en tant qu'outil d'aide à la décision pour différentes échelles spatiales. Au niveau national, les systèmes NAAR, NaFRA et FORESIGHT sont utilisés pour fournir des informations sur le risque et les besoins financiers et pour supporter les dépenses dans le long terme. CFMP et SMP se situent au niveau du bassin versant et jouent un rôle dans la hiérarchisation des territoires. Eventuellement, au niveau local, différentes options sont comparées lors d'études de faisabilité pour identifier la meilleure option de défense contre les inondations.

Les fonctions de dommage proposées par le Flood Hazard Research Center (guide Multi-coloured) sont la base des études d'évaluation des dommages pour tous les niveaux d'échelle ([Meyer et Messner](#), 2005).

Il existe un guide Multi-coloured (« Blue manual » en 1977, « Red Manual » en 1987 et « Yellow Manual » en 1992 et une dernière version du guide en 1993) préconisé au niveau national qui donne des recommandations, entre autres, pour l'évaluation des dommages sur le bâti, les biens non résidentiels, les services publics, les routes, les voies ferrées, les frais d'urgence et l'agriculture.

#### 3.2. L'Allemagne

En Allemagne, une loi relative à la révision des budgets du gouvernement fédéral et des Länders, votée en 1972, a introduit l'obligation de réaliser une analyse économique à

l'occasion des projets d'infrastructures publiques. A l'instigation des différents ministères en charge de la gestion de l'eau, cette analyse économique s'est étendue au domaine des inondations ([D4E](#), 2007).

Un exemple typique de l'usage des données de dommages des inondations est la base de données allemande HOWAS. Elle contient des informations sur les dommages subis lors de neuf évènements entre 1978 et 1994. Environ 3600 dommages individuels aux bâtis sont enregistrés. L'évaluation des dommages est effectuée par une approche assurantielle et peut être interprétée comme une évaluation des coûts de remplacement.

En Allemagne, la compétence de la politique de l'eau et des inondations dépend des Etats fédéraux et non du Gouvernement Fédéral. Il existe une méthode officielle dans plusieurs Länder. Elles font la différence entre les méthodes micro, meso et macro. Les approches développées dans trois états fédéraux sont présentées dans les paragraphes suivants.

### 3.2.1. Nord Rhein-Westphalie

L'analyse coût bénéfice est utilisée dans le but de prioriser les projets. Les méthodes se concentrent sur les dommages directs, tangibles et plus particulièrement sur l'habitat. Les dommages indirects sont considérés comme des pertes dues à l'interruption de l'activité. Les dommages intangibles ne sont pas évalués dans des termes monétaires mais dans des termes qualitatifs et quantitatifs.

Deux approches différentes sont mises en place :

- Une approche meso/micro pour le Danube ;
- Une approche meso pour le Rhin.

### 3.2.2. Schleswig-Holstein

Trois méthodes sont là aussi utilisées :

- Avec la méthode IPCC pour le littoral allemand (échelle macro) ;
- Une méthode plus détaillée a été développée pour les côtes de Schleswig-Holstein (échelle meso) ;
- Une autre méthode développée au niveau micro a été mise en place pour six communes.

### 3.2.3. Saxe

L'évaluation des dommages se fait comme un outil d'aide à la décision pour la hiérarchisation des projets. Un système de hiérarchisation a été développé dans lequel la somme des dommages évités joue un rôle crucial. Les critères sont les suivants :

- Dommages cumulés attendus (25) ;
- Ratio coût / bénéfice (25) ;
- Effet sur la gestion de l'eau (25) :
  - o Capacité de rétention (10) ;
  - o Décharges (10) ;
  - o Ecologie de l'eau (5) ;
- Vulnérabilité (25).

Le système contient donc 100 points, les nombres entre parenthèse donnent le score maximum (chaque score étant défini selon différents niveaux suivants le critère concerné). Les dommages indirects sont également pris en compte.

### 3.3. Les Pays Bas

Les approches coûts bénéfiques sont majoritairement portées aux Pays Bas par le bureau du Plan (CPB)<sup>10</sup>, qui a engagé au début des années 1990 une série d'études. L'objectif n'est pas ici seulement de faciliter la prise de décision publique, mais surtout de permettre un débat public. L'intérêt principal des méthodes néerlandaises est qu'elles intègrent des éléments qualitatifs dans les bilans coûts bénéfiques, même s'ils ne sont pas monétarisables, de façon à proposer un bilan global acceptable par toutes les parties.

D'après [Barthelemy](#) (2002), par comparaison, les Pays- Bas ont certainement connu, ces vingt dernières années, des dommages plus faibles liés aux crues. L'Etat est seul responsable du financement des protections comme de l'aide aux sinistrés. La politique de protection a été réfléchi depuis plus de cinquante ans avec la prise en compte des aspects socio-économiques, qui ont été utilisés pour proportionner les investissements aux dommages potentiels. Un niveau de risque acceptable est progressivement pris en compte en considérant des modulations par zone.

D'après [Meyer et al.](#) (2005), une méthode standard pour les 53 digues présentes au Pays Bas a été développée. Le choix du niveau de sécurité prévu par la digue dépend du type de menace (inondations côtières ou fluviales) et de la valeur des actifs qui sont protégés par chacune des digues. Onze fonctions de dommage sont prises en compte. Elles sont issues de l'étude de Vrouwenfelder (1997).

### 3.4. La République Tchèque

D'après, [Meyer et al.](#) (2005), l'évaluation des dommages est assez récente dans la politique tchèque de prévention des inondations. Elle survient après les inondations de 1997 et 2002. Un système de trois méthodes avec des niveaux d'échelle différents a été développé. Les trois méthodes ont la même approche utilisant l'occupation du sol, une estimation des enjeux et une fonction de dommage.

La première méthode est très détaillée et basée sur une échelle locale. Elle a été testée sur trois sites pilotes dont l'Elbe.

La seconde est moins détaillée et basée sur une échelle régionale.

La dernière méthode est plus grossière avec un niveau d'échelle national.

---

<sup>10</sup> Organisme d'intérêt public.

## Conclusion

Une trentaine de démarches françaises et six exemples étrangers (Royaume Uni, Allemagne (trois états fédéraux), Pays Bas, République Tchèque) sont présentés dans ce manuel.

Cette première analyse montre qu'il existe des pistes sérieuses à creuser pour mettre en place une démarche française.

La démarche qui conduit à la prise de décision, avec évaluation de la pertinence

Une forte hétérogénéité des démarches recensées est constatée. Parmi les pratiques françaises, peu de démarches ont été mises en place dans le but d'aboutir à une décision finale. Les résultats obtenus sont soit destinés à une utilisation en interne aux services, soit à une communication vers les décideurs sur certains critères mieux compris par eux (hauteur d'eau) mais très peu correspondent à une réelle approche de pertinence économique.

Les exemples montrent la difficulté de mettre en place une démarche partagée et de disposer d'un outil complet. Le manque de données, le manque d'informations fiables et la faiblesse de la culture de l'aide à la décision sont des freins à la mise en place d'une démarche commune et d'un outil opérationnel.

Un cadre et des outils types

En France, on recense trois ou quatre outils qui ne sont pas très loin de pouvoir servir de base à la création d'un ou plusieurs outils types suivant les approches d'évaluation choisies. La structure de l'outil est là ; il existe par contre des lacunes méthodologiques et des disparités sur le recensement des enjeux et des dommages qui nuisent à la crédibilité et la facilité d'utilisation des outils d'évaluation.

Des lacunes méthodologiques parmi les outils recensés sont à noter. Trois principaux enjeux sont souvent retenus : l'habitat, les activités économiques et les activités agricoles. Leur recensement pose encore des difficultés d'automatisation dès que l'on souhaite descendre à des échelles territoriales fines (commune de moins de 10 000 habitants) ou si on veut des données récentes. La question des réseaux, pourtant essentielle en terme de dommages directs et indirects lors d'une inondation, n'est que très partiellement abordée. Les dommages majoritairement pris en compte sont les seuls dommages directs. Quelques études s'intéressent à l'évaluation des dommages indirects (dont la grande majorité n'utilise qu'un ratio pour exprimer les dommages indirects à partir des dommages directs). Par contre, aucune ne considère les dommages intangibles. Prendre en compte l'incertitude et la sensibilité des paramètres utilisés demande encore des avancées scientifiques.

Les démarches européennes : des guides appliqués ou des vitrines méthodologiques ?

En Europe, des outils et des méthodes sont proposés, qui représentent une expérience intéressante pour la France. Il reste à définir dans quelles démarches ils se situent et

comment ces méthodes sont finalement utilisées dans la prise de décision (travail de l'été 2008).

Les études analysées montrent qu'il faut mobiliser d'importants moyens financiers, humains et organisationnels.

- ü Les pratiques françaises les plus abouties sont aussi les plus coûteuses au regard des projets visés.
- ü Au Royaume Uni, la méthode présentée dans le guide Multi-coloured (« Blue manual » en 1977, « Red Manual » en 1987 et « Yellow Manual » en 1992 et une dernière version du guide en 1993) est à la fois très complète, étalée sur au moins quinze ans mais également très coûteuse.
- ü La méthode néerlandaise considère de nombreux enjeux, tout en spécifiant pour chacun d'entre eux la source des données disponibles et nécessaires à la mise en œuvre de l'analyse.
- ü En Allemagne, les méthodes employées semblent plus grossières que celles du Royaume Uni, ce qui a l'avantage de les rendre moins coûteuses et plus accessibles par le plus grand nombre.

## Bibliographie

En plus, des études recensées, les documents suivants ont été consultés et intégrés dans ce manuel.

BARTHELEMY Jean-Roland, 2002, Evaluation économique du risque d'inondation, comparaison France-Pays Bas, Rapport de recherche, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement DGAD/ SRAE Programme "Evaluation et prise en compte des risques naturels et technologiques" (EPR)

DEFRA FCDPAG3, 2000, Project Appraisal Guidance 3 - Economic Appraisal, Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food

D4E, 2005a, Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente, Série méthode 05-M04, Ministère de l'Écologie, le Développement et de l'Aménagement Durable

D4E, 2005b, Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques, Série méthode 05-M01, Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durable

D4E, 2007, Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations, Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durable

ERDLLENBRUCH K., GERMANO V., GILBERT E., GRELOT F., LESCOULIER C., 2007, Etude socio-économique des inondations sur le bassin versant de l'Orb – Programme européen INTERREG III C Sud Europe – INUNDA, 62 pages + Annexes

ERDLLENBRUCH K., GILBERT E., GRELOT F., LESCOULIER C., 2008, Une analyse coût-bénéfice spatialisée de la protection contre des inondations - application de la méthode des dommages évités à la basse vallée de l'Orb, Ingénieries- EAT n°53

ELEUTÉRIO J., 2008, Sensibilité de l'évaluation des dommages potentiels à la caractérisation des enjeux : Application aux inondations dans la basse vallée de la Bruche, Mémoire de Master 2 Recherche - SAGE - Systèmes Aquatiques et Gestion des Eaux. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 61 pages

GRELOT F., 2004, Gestion collective des inondations : peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ?, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure d'arts et métiers, Paris, 405p.

HUBERT G. et LEDOUX B., 1999, Le coût du risque...L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris

LEDOUX B., 2006, La gestion du risque inondation, Lavoisier

MESSNER F., PENNING-ROUSELL E., GREEN C., MEYER V., TUNSTALL S., VAN DER VEEN A., 2007, Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods, Flood site

MEYER V. et MESSNER F., 2005, National Flood Damage Evaluation Methods – A Review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany, Floodsite

PENNING-ROUSELL E C, JOHNSON C, TUNSTALL S, TAPSELL S, MORRIS J, CHATTERTON J, GREEN C, 2005, The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Manual of Assessment Techniques, Flood Hazard Research Centre, DEFRA – Environment Agency

RPA DEFRA, 2004, Evaluating a multi-criteria analysis (MCA) methodology for application to flood management and coastal defence appraisals, Case studies report, DEFRA

SHABMAN L. et STEPHENSON K., 1996, Searching for the correct Benefit Estimate: Empirical Evidence for an Alternative Perspective, Land Economics, Vol. 72, N°4, 433-449

TREICH N., 2005, L'Analyse Coût-Bénéfice de la Prévention des Risques, Document de travail, LERNA-INRA Université de Toulouse

# Annexes

## A. Les approches économiques

Trois méthodes vont être présentées : l'analyse coût-bénéfice, l'analyse coût-efficacité et l'analyse multi-critères.

La dernière section présente les méthodes d'évaluation telles que l'évaluation contingente et la méthode des prix hédoniques.

### 1. L'analyse coût-bénéfice (ACB)

Le principe de l'ACB est de décrire « toutes les décisions dont les bénéfices sont supérieurs aux coûts » (Treich, 2005). Plusieurs projets et scénarii sont donc analysés et comparés entre eux ou à une situation de référence. La comparaison des bénéfices et des coûts nécessite une unité commune : la mesure monétaire. Cette nécessité génère une des premières difficultés : comment traduire des données physiques, biologiques... en données monétaires.

C'est pourquoi malgré la situation idéale où tous les effets d'un projet doivent être pris en compte (directs, indirects, intangibles...), seule une partie des dommages est souvent évaluée, le manque de données ne permettant pas de réaliser un bilan complet des coûts et des bénéfices.

L'ACB est basée sur une structure théorique bien connue, dérivant de la théorie du bien-être. Les ACB partagent une connaissance commune et une méthodologie commune.

Plusieurs étapes sont identifiées dans le processus de l'analyse coût-bénéfice (Erdlenbruch et al., 2007 ; DEFRA, 2000) :

- Etape 1 : Définir la zone d'étude à considérer et déterminer la population concernée par les projets ;
- Etape 2 : Considérer une option « rien faire » et une option « faire quelque chose » en prenant en compte :
  - o Des positions alternatives ;
  - o Un calendrier de travail (incluant les travaux) ;
  - o Différentes approches pour solutionner le problème ;
- Etape 3 : Identifier les impacts, les conséquences des crues avec une quantification des impacts à la fois physique et monétaire, la probabilité de rupture, de défaut... ;
- Etape 4 : Déterminer les coûts liés au projet : coûts de construction de l'ouvrage, coûts d'acquisition foncière et coûts de fonctionnement ;
- Etape 5 : Déterminer les bénéfices liés au projet : dommages évités ;
- Etape 6 : Appliquer le critère de décision ;
- Etape 7 : Analyser la sensibilité ;
- Etape 8 : Prendre en compte des effets non monétarisables.

L'évaluation des dommages évités nécessite les étapes suivantes (adaptées de Erdlenbruch et al., 2007) :

- Etape 1 : Description de l'aléa qui repose sur des modèles hydrologiques et hydrauliques ;
- Etape 2 : Description des enjeux qui dépendent des données sur l'occupation du sol et d'informations plus spécifiques sur les types d'enjeux en zone inondable. Il

est donc nécessaire de déterminer la typologie de l'occupation du sol et de classer les enjeux selon leur vulnérabilité. La typologie des enjeux la plus courante est : enjeux agricoles, habitats, activités économiques, infrastructures et enjeux humains ;

- Etape 3 : Croisement de l'aléa et des enjeux puis des zones d'expansion de crues et élaboration des courbes de dommage ;
- Etape 4 : Représentation des résultats avec :
  - o Le calcul du dommage moyen annuel (DMA) : 
$$DMA = \int_{T_d}^{\infty} C(T)p(T)dT$$

(avec  $C(T)$  le coût pour l'évènement de retour  $T$  et  $T_d$  la période de retour de l'évènement débordant, c'est-à-dire de la plus faible crue qui crée des dommages.
  - o Calcul du coût des dommages par type de crue ;
  - o Les dommages évités moyens annuels (DEMA), c'est-à-dire les bénéfiques, qui sont alors la différence entre le DMA avant projet et le DMA après projet.

Les limites d'une telle approche sont les suivantes :

- Le manque de données qui ne permet pas de considérer tous les effets marchands d'un projet de réduction du risque d'inondation ;
- Les dommages directs sont estimés principalement pour trois enjeux (habitat, activité économique et activité agricole), les dommages indirects sont peu traités et les dommages intangibles sont le plus souvent écartés ;
- Les indemnisations des compagnies d'assurance ne sont pas incluses dans l'analyse ;
- Le caractère statique de l'analyse : l'évolution des enjeux et de l'occupation du sol ainsi que les effets dynamiques des actions et des ouvrages, dans la zone protégée n'est pas prise en compte ;
- Le choix du taux d'actualisation : le Commissariat Général du Plan, lors de ces dernières recommandations, préconisait un taux d'actualisation de 4% pour les périodes inférieures à 30 ans, un taux dégressif au-delà de 30 ans qui tendrait vers 2% ;
- La nécessité d'obtenir un large panel d'évènements : des crues fréquentes à exceptionnelles.

Enfin, les sources d'erreurs ou d'approximations sont ([D4E](#), 2007) :

- Liées à l'aléa ;
- Liées à la caractérisation des enjeux ;
- Liées aux fonctions d'endommagement qui sont soit élaborées soit adaptées par le biais de retour d'expérience ou sur « dire d'expert ».

## 2. L'analyse coût efficacité (ACE)

L'ACE peut être vu comme un cas particulier de l'ACB : un objectif est fixé et les coûts sont minimisés pour atteindre cet objectif ([Treich](#), 2005). Définir le niveau optimal d'efficacité est l'une des questions centrales de cette méthode.

Ainsi une ACE a plutôt une perspective ciblée des activités ou des résultats d'un programme alors qu'une ACB a une perspective générale (ensemble de la société).

L'ACE peut être jugée plus simple sur le plan conceptuel et opérationnel, mais elle nécessite tout de même de définir et de partager l'objectif efficace.

### 3. L'analyse multi-critères (AMC)

Une analyse multi-critères objective des impacts. Elle demande de définir un certain nombre de critères. Ces critères doivent être notés et pondérés selon une échelle claire, précise et partagée par les parties prenantes.

Ainsi une analyse multi-critères nécessite de s'adresser à un panel d'acteurs concernés plus ou moins directement aux conséquences des projets potentiels.

La mise en place d'une analyse multi-critères suppose les étapes suivantes ([RPA DEFRA, 2004](#)) :

- Etape 1 : Définition du problème, des objectifs et identification de l'ensemble des projets et des parties prenantes (de leurs objectifs et de leurs critères de décision) ;
- Etape 2 : Elimination des projets non faisables ;
- Etape 3 : Structuration du problème ;
- Etape 4 : Recensement des impacts (recensement quantitatif et/ou qualitatif) ;
- Etape 5 : Détermination des bénéfices et coûts tangibles des différents projets et établissement des notes attribuées à chaque impact ;
- Etape 6 : Choix de la pondération adéquate ;
- Etape 7 : Comparaison des projets selon la règle de décision établie ;
- Etape 8 : Test de la robustesse des choix ;
- Etape 9 : Sélection du projet préféré.

L'analyse multi-critères possède un certains nombres d'avantages, les principaux sont les suivants ([RPA DEFRA, 2004](#)) :

- Elle permet de considérer différents objectifs et impacts qui ne sont pas toujours monétarisables ;
- Elle est relativement transparente (il est facile de comprendre les conséquences d'ordonner les critères retenus d'une certaine façon) ;
- Elle est relativement simple à mettre en place ;
- Cette méthode propose d'établir la meilleure option selon un certain consensus.

Des limites peuvent être identifiées ([RPA DEFRA, 2004](#)) :

- Les scores des options établis par rapport aux objectifs peuvent être considérés comme subjectifs ;
- L'évaluation est effectuée par un nombre limité d'acteurs et une question est alors de savoir si leurs opinions sont représentatives de celles de la population ;
- La pondération est elle aussi relativement subjective ;
- L'analyse multi-critères ne repose pas sur la théorie économique du bien être. Elle n'est pas construite sur des valeurs standard, ni sur une méthodologie et une connaissance communes.

#### 4. Les méthodes d'évaluation contingente et prix hédoniques

Ces deux méthodes sont souvent utilisées lors d'une évaluation des dommages intangibles (stress, paysage ...) et pourraient être utilisées pour évaluer les bénéfices d'une analyse coût-bénéfice. Les exemples trouvés dans le cas des inondations s'intéressent plutôt à l'évaluation du risque d'inondation.

##### 4.1. La méthode d'évaluation contingente

« La méthode d'évaluation contingente ne s'appuie pas sur l'observation des comportements, mais utilise la reconstitution d'un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler la valeur qu'ils accordent à un bien ou un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés » ([D4E](#), 2005a). Elle est donc adaptée à l'évaluation des biens non marchands.

Elle vise à obtenir directement auprès des individus la valeur qu'ils attribuent à un programme ou projet modifiant leur environnement. Pour cela, une enquête est mise en oeuvre auprès d'un échantillon représentatif de la population. « Les individus expriment alors un jugement d'ordre économique sur la valeur qu'ils accordent à une modification de leur situation. Le consentement à payer des individus est déduit des jugements observés » ([Grelot](#), 2004).

D'après [F. Grelot](#) (2004), les études ayant utilisé une évaluation contingente dans le cadre des inondations ont mesuré les consentements à payer des individus pour la modification du degré d'exposition aux inondations d'un territoire sur lequel ils résident. Une des interprétations possibles est d'analyser le consentement à payer comme une augmentation de la protection offerte aux agents

Le déroulement d'une étude par la méthode d'évaluation contingente s'effectue en une dizaine d'étapes ([D4E](#), 2005a) :

- Identifier le changement de qualité environnementale que l'on cherche à valoriser ;
- Déterminer la population concernée ;
- Déterminer le mode d'enquête et la taille de l'échantillon ;
- Rédiger le scénario d'évaluation contingente ;
- Rédiger la question de valorisation ;
- Rédiger les questions auxiliaires ;
- Tester le questionnaire ;
- Analyser les données ;
- Présenter et diffuser les résultats.

Il est enfin très important de tester les biais qui peuvent accompagner une évaluation contingente ([Grelot](#), 2004) :

- Biais de complaisance : le répondant cherche à faire plaisir à l'enquêteur ou à se conformer avec les attentes présumées de l'enquêteur en proposant un montant différent de son CAP ;
- Biais de point de départ : le mécanisme d'expression ou le support de paiement introduit directement ou indirectement un montant potentiel qui influence le CAP donné par le répondant ;

- Biais d'éventail : le mécanisme d'expression présente un éventail de montants potentiels qui influence la réponse pour le CAP;
- Biais relationnel : la description du bien présente des informations à propos de sa relation avec d'autres biens publics ou privés qui influencent le CAP du répondant ;
- Biais d'importance : le fait d'être interrogé ou lorsque certaines caractéristiques de l'instrumentation suggèrent au répondant que le bien évalué a de la valeur en soi ;
- Biais de position : la position ou l'ordre dans lesquelles les questions relatives à l'évaluation pour différents niveaux du bien suggèrent au répondant comment ces niveaux devraient être évalués ;
- Biais théorique de mauvaise spécification : ce biais correspond au cas radical, où le scénario spécifié par le chercheur est incorrect soit vis-à-vis de la théorie économique soit vis-à-vis des éléments majeurs du traitement politique de la question ;
- Biais de la mauvaise spécification du bien : le bien perçu comme étant évalué n'est pas celui spécifié par le chercheur ;
- Biais de mauvaise spécification contextuelle : le contexte perçu de la mise en marché du bien diffère du contexte visé par le chercheur.

#### 4.2. La méthode des prix hédoniques

La méthode des prix hédoniques repose sur la relation supposée entre le prix d'un bien marchand et certaines de ses caractéristiques, parmi lesquelles certaines sont liées à la qualité de l'environnement. Souvent, la relation étudiée concerne les biens immobiliers.

[F. Grelot](#) (2004) précise que « la méthode des prix hédoniques se propose d'aller plus loin qu'une relation entre le prix de l'immobilier et l'exposition d'un territoire aux inondations, elle propose un cadre permettant de construire à partir de cette relation et d'un comportement hypothétique des agents privés sur le marché de l'immobilier, le consentement à payer lié à une baisse de cette exposition aux inondations ».

Trois types de variables explicatives influencent le prix d'un logement ([D4E](#), 2005b) :

- Les caractéristiques du logement (superficie, nombre de pièces...);
- Les caractéristiques de l'environnement (mesure de la qualité de l'environnement ou distance pour rendre compte de la proximité du bien immobilier d'un lieu ou d'une caractéristique analysée dans l'étude);
- L'année au cours de laquelle le logement a été vendu.

Une analyse économétrique est alors mise en place pour établir l'équation des prix hédoniques. Il est alors nécessaire de tester la robustesse de la forme fonctionnelle de l'équation et des variables explicatives et d'analyser les différents problèmes économétriques souvent rencontrés (colinéarité, hétéroscédasticité, auto-corrélation spatiale...).

## B. Les pratiques existantes françaises : synthèse

Cette partie a pour but de décrire les pratiques françaises recensées. Pour cela, l'accent est porté sur l'aléa, les enjeux et l'évaluation des dommages.

Les différentes méthodes hydrauliques, les sources de données et les données d'enjeux, ainsi que les méthodes d'évaluations de dommages propres à chaque étude révèlent le manque de cohérence et l'absence d'un cadre d'analyse commun et partagé.

### 1. L'aléa

Tableau 6 : L'aléa.

Etude	Crues historiques	Crues synthétiques	Méthodologie hydraulique
Rhône aval	Décembre 2003		Modèle hydraulique à casiers
Labergement-les-Auxone		Périodes de retour 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans	Modélisation bi-dimensionnelle (logiciel Hydrariv d'HYDRATEC)
Meuse	1983, 1993 et 1995		
Sarthe	1995	10, 20, 50 et 100 ans	Logiciel MIKE 11 <sup>11</sup>
Varenne-le-Grand	1983 et 2001		Intersection ligne d'eau du PPR avec MNT
Charleville-Mézières	Crue de 1995 (crue centennale)		
PACA		Panel de crues avec crue centennale, cinquantenale, vingtenale et décennale	
Seine	1993, 1983, 1970, 1955, 1910	200 ans, 500 ans	Modèle hydraulique à casiers
Loire		Crue 50 ans, 70 ans, 100 ans, 170 ans, 200 ans et 500 ans avec brèches par surverse et fonctionnement des déversoirs avec des scénarios intégrant des brèches accidentelles	Modèle hydraulique à casiers
Orb	Janvier 1996, décembre 1987 pour l'état actuel et futur	Crues centennale et décennale pour l'état actuel et futur	Modèle hydraulique à casiers
Quimper	Décembre 2000	50 et 100 ans	Modèles construits avec MIKE 11, et validés avec le programme CERES, mis au point par le CEMAGREF
Artois Picardie	Août 2002 ; Février et Mars 2002 ; Juillet 2001 ; Printemps 2001 ;, Mai		

<sup>11</sup> MIKE 11 est un outil de simulation unidimensionnelle des processus hydrodynamiques, hydrologiques, sédimentaires et de qualité des eaux.

	2000 ; Décembre 1999 ; Octobre et Novembre 1998 ; Juin 1998 ; Décembre 1994 à Février 2005 ; Décembre 1993 et Février 1994 ; Novembre 1991 ; Janvier et Février 1998		
Cheffes sur Sarthe	2001 (3 ans), 1999-2000 (20 ans) et 1995 (300 ans)	2, 5, 10, 100 ans	
Oise-Aisne	1993, 1995, 1999 et 2001	10 ans, 50 ans, 100 ans, 500 ans	Modèle hydraulique à casiers et Logiciel OPTHYCA (STRATEGIS) <sup>12</sup>
La Truchère	Mars 2001 (20 ans) et décembre 1981 (40-50 ans)		Modélisation bi-dimensionnelle (logiciel Hydrariv d'HYDRATEC)
Marne	1993, 1983, 1970, 1955, 1910	Bi-centennale, cinq-centennale	Modèle hydraulique à casiers
Rhône		3 niveaux de crue de moyenne à très forte	
Charente	Pas de crue	Pas de simulation	
Sarthe Amont	Pas de crue	Pas de simulation	
Huisne	Pas de crue	Pas de simulation	
Rhône aval Beaucaire	2003	10, 30, 100 et 1000 ans	Modèle hydraulique à casiers (étude Rhône, 2003) + dire d'experts
Rhône Viviers Beaucaire	2003	10, 30, 100 et 1000 ans	Modèle hydraulique à casiers (étude Rhône, 2003) + dire d'experts
Isère		200 ans	
Romanche		30 ans et 100 ans	
Touloubre	1993/1994 et crue centennale 1999		
Charente Saint Savignien	1982 (Q100), 1997 et 1998 (Q10) et 1994 (Q50)		
MRN	Crue de 2003		Enveloppe des zones inondées détectées par photo interprétation
Thèse de JP Torterotot		Crues de base : 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 50, 100, 200, 500 ans + les crues seuils correspondant à certains mécanismes hydrauliques (débordement...)	Représentation simplifiée par biefs inondables
Bruche	Crue de 1990 (bureau d'étude DHI)		Modèle 2D Mike 11 (résolution de 20m sur 20m)

<sup>12</sup> Logiciel modulaire d'analyse, de gestion et de cartographie des résultats de modèles hydrauliques.

## 2. Les enjeux

### 2.1. L'habitat

Tableau 7 : L'enjeu habitat.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Demande de devis et de subventions pour le Vaucluse	DDE, ANAH
		Etats des lieux de la FFSA	FFSA
		Méthode MRN : nombre de logements potentiellement sinistrés en croisant les superficies inondées de chaque commune avec une base de données de l'INSEE sur le logement (résidences principales, résidences secondaires et logements vacants)	MRN
Meuse	Macro	Demande de subventions	Préfecture des Ardennes
		Montant des dommages	Préfecture des Vosges
		Montant des dommages	FFSA
		Montant des dommages	AUFA
		Montant des dommages	GEMA Prévention
Artois Picardie	Macro	Nombre de maisons inondées	Retour d'expérience, police, gendarmerie, SAMU, pompier
		Montant de dommages	DDE, acteurs de terrain, Préfecture
Oise Aisne	Macro	Nombre de logements	Enquête terrain
		Pourcentage de logement avec sous-sol	
		Pourcentage de logement sans sous-sol	
		Valeur vénale du m <sup>2</sup>	
		Valeur mobilière par logement	
		Coefficient pondérateur de qualité du bâti	
Surface			
Seine	Macro	Nombre total de logement	Issues d'enquêtes réalisées auprès d'agents immobiliers et îlot INSEE
		Valeur immobilière moyenne	
Loire moyenne	Macro	Niveau de standing	Enquête terrain
		Présence ou non d'un étage	
		Présence ou non d'un sous-sol	
		Proportion de logements collectifs à caractère privé ou social	Agences d'urbanisme et INSEE
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
		Coût moyen des inondations pour les particuliers	Indemnisation de la FFSA
Rhône	Macro	Prix au m <sup>2</sup>	
		Surface urbain dense	
		% commerce en RDC	

		Nombre de pavillons	
		Surface pavillon	
Sarthe	Meso	Nombre d'habitations épargnées après aménagement	Cartographie
		Dommages par maison	Préfecture de la Sarthe, bureau d'étude HYDRATEC, Plan Loire Grandeur Nature
Orb	Meso	Surface du bâti	<ul style="list-style-type: none"> <li>o « Réduction de la vulnérabilité aux inondations à l'échelle d'un quartier » (CETE 2005).</li> <li>O « Vulnérabilité des habitations aux inondations » (CETE 2005).</li> <li>O Fiches de recensement de l'habitat isolé du delta de l'Orb (résultat d'une étude menée par le Syndicat Béziers la Mer).</li> <li>O Entretien auprès d'experts d'assurance</li> </ul>
		Hauteurs de plancher de bâti	
		Montant des dommages	
Quimper	Meso	Coût décembre 2000 des 1650 habitations inondées	
Marne	Meso	Coefficient de qualité du bâti	MOS
		Pourcentage de logements sans sous-sol	
		Pourcentage de logements avec sous-sol	
		Hauteur de 1 <sup>er</sup> plancher habitable pour un logement sans sous-sol	
		Hauteur de 1 <sup>er</sup> plancher habitable pour un logement avec sous-sol	
Rhône aval Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003
Rhône Viviers Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003
Isère	Meso	Montant des dommages	Retour d'expérience, statistiques de l'APSAD (Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages) et estimation du Ministère de l'Environnement
		Nombre de logements concernés	Municipalités et INSEE
Romanche	Meso	Surface d'habitations concernées	
Touloubre	Meso	Nombre et le type de bâtiments potentiellement inondables pour une crue de référence type septembre 1993/octobre 1994 et une crue centennale	Retour d'expérience
Charente Saint Savignien	Meso	Nombre d'habitations concernées	Enquête de terrain (Saintes) et téléphonique et données des communes
		Montant des dommages	Préfecture, impôts, sociétés d'assurance, agences immobilières, notaires

MRN	Meso	Nombre de logements	IRIS de l'INSEE
		Coût moyen	FFSA
Thèse de JP Torterot	Meso	% de surface correspondant à différents types d'occupation du sol	Carte géographique, plan cadastral, photographies aériennes, documents d'urbanisme, expertise et connaissance du terrain
		Hauteur moyenne des planchers	Données de terrain par bief/tronçon. Si cette valeur n'existait pas, prise en compte d'une valeur moyenne issue d'enquêtes de terrain.
		Nombre de logements inondés	Enquête de terrain
		Densité de logement par rapport à la surface de type « habitat dispersé »	D'après l'étude de SAGERI (1988) et adaptation à l'échelle locale
		Répartition de l'habitat aggloméré en 6 types d'urbanisme	Carte géographique, plan cadastral, photographies aériennes, documents d'urbanisme, expertise et connaissance du terrain
		Montant des dommages	Enquête de terrain
Bruche	Meso	Hauteur des bâtiments	BD topo
		Occupation des bâtiments	BD topo
		Type d'occupation du sol	BD OCS
		Adresses géoréférencées	BD Adresse
		Activité en rez-de-chaussée	Enquête de terrain
		Occupation du rez-de-chaussée	
		Nombre d'étages	
		Nombre de logements	Enquête de terrain et dire d'expert des agents immobiliers
		Hauteur de plancher	
		Présence d'un sous-sol	
		Valeur moyenne	Dire d'expert des agents immobiliers
		Surface projetée	Enquêtes de terrain et dossiers CATNAT
		Montant des dommages	
Varenes le Grand	Micro	Montant pris en charge par l'assurance	Enquête de terrain
		Montant des dommages estimé par le riverain	
		Coût des mesures de protection mises en place	
		REX : Nombre de maisons inondées	
		Surface des maisons inondées	
Cheffes sur Sarthe	Micro	Nombre de maisons	Enquête de terrain
		% maisons inondées	
		Coût inondation	
La Truchère	Micro	Montants des dommages aux habitations	Enquête auprès de 73 habitations réalisée par la DIREN Bourgogne
Labergement les Auxonnes	Micro	Coûts liés aux inondations	Enquête postale auprès de 28 habitations, enquête de terrain et retour d'expérience

## 2.2. Les activités économiques

Tableau 8 : L'enjeu activités économiques.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Principalement coûts de remplacement	Chambre de Commerce et de l'Industrie, Chambre des métiers, DRIRE, Préfecture
		Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005)
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
Artois Picardie	Macro	Nombre d'entreprises sinistrées	Chambre consulaire, CCI, DRIRE, Préfecture
		Nombre d'emplois concernés	
		Durée d'interruption de l'activité	
		Nombre de dossiers de demandes d'aides déposés	
		Montant des dommages par entreprise	
		Montant des indemnisations par les assurances	
		Montant des aides	
Oise Aisne	Macro	Chiffre d'affaire de l'entreprise.	
		Valeur des constructions	
		Valeur de l'outil de production	
		Valeur des stocks	
Rhône	Macro	Nombre d'entreprises	Ilot INSEE
		Nombre d'emplois	
		Valeur stock par employé	
		Valeur équipement /employé	
Loire moyenne	Macro	Nombre d'établissements	INSEE SIRENE
		Nombre de salariés	INSEE SIRENE
Seine	Macro	Nombre d'employés par îlot	Ilot MOS 90 INSEE
		Valeur des biens immobiliers	MOS et NAP15
		Valeur biens mobiliers	
		Valeur stock par salarié	
		Chiffre d'affaires par salarié	
		Grille de dommage	Approche assurantielle
		Montant des dommages auprès de 140 entreprises stratégiques	Enquête de terrain
Meuse	Macro	Montant des dommages	Préfecture des Vosges et des Ardennes
		Montant des dommages	FFSA
		Montant des dommages	AUFA
Quimper	Meso	Coût décembre 2000	Extrapolation des dégâts récoltés

			auprès des 144 entreprises indemnisées et 488 entreprises réellement sinistrées, CCI de Quimper
Marne	Meso	Matériels en Francs/salarié	NAP + données ISL (usages industriels, OS) pour 4 types d'entreprises (L'agro-alimentaire, La métallurgie, la chimie, la métallurgie)
		Stocks en Francs/salarié	
		Chiffre d'affaires	
Orb	Meso	Nombre de petites activités (<200m2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Nomenclature des activités françaises INSEE 2003.</li> <li>o Liste et adresses des activités recensées par la CCI et la Chambre des Métiers.</li> </ul> <p>Les activités économiques en zone inondable ont été recensées à partir de listes d'adresses de la CCI et de la Chambre des Métiers de Béziers. 691 enjeux se trouvent dans la zone de la crue centennale de notre zone d'étude.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Enquête auprès d'experts d'assurance</li> </ul>
		Nombre de petites activités (200-650m2)	
		Nombre de grandes activités (>650m2)	Base de données SUDIFIRM de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Grenoble
		Montant des dommages	DNRM 2002
		Montant des dommages	Retour d'expérience, statistiques de l'APSAD et calculs du Secrétariat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques
Romanche	Meso	Surface des activités économiques concernées	
Touloubre	Meso	Nombre et le type d'activités économiques potentiellement inondables pour une crue de référence type septembre 1993/octobre 1994 et une crue centennale	Retour d'expérience
Charente Saint Savignien	Meso	Nombre d'entreprises concernées	Enquête de terrain (Saintes) et téléphonique avec des entretiens spécifiques pour des entreprises importantes et étude de 1994 de la CCI de Saintes-Rochefort
		Montant des dommages	Préfecture, impôts, sociétés d'assurance, agences immobilières, notaires et étude de 1994 de la CCI de Saintes-Rochefort
		Perte d'exploitation et autres avaries	Préfecture de la Charente Maritime
Rhône aval Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003

Isère	Meso	Ratio	Retour d'expérience
		Montant des dommages	APSAD
Rhône Viviers Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003
MRN	Meso	Ratio	Retour d'expérience
La thèse de JP Torterotot	Meso	% de surface correspondant à différents types d'occupation du sol	Carte géographique, plan cadastral, photographies aériennes, documents d'urbanisme, expertise et connaissance du terrain
		Chiffres d'affaires pour la zone industrielle, artisanale et commerciale et pour la zone urbanisée	Etude de SAGERI (1988) et adaptation à l'échelle locale
		Valeur des biens exposés pour la zone industrielle, artisanale et commerciale	Etude de SAGERI (1988) et adaptation à l'échelle locale
		Montant des dommages	Enquête de terrain
Bruche	Meso	Localisation des activités	CCI et CUS
		Montant des dommages	Dossiers CATNAT
Cheffes sur Sarthe	Micro	Perte d'exploitation des commerces	Enquête de terrain
		Indemnisation du personnel nécessaire pour remise en état	
		Valeur estimée à neuf par l'assureur	
		Coûts du nettoyage si conséquents et estimés (destructions importantes, appel à une entreprise)	
La Truchère	Micro	Montant des dommages pour les deux restaurants	Enquête de terrain (intégré ensuite comme des habitations)

### 2.3 Les enjeux agricoles

Tableau 9 : L'enjeu agricole.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Données calamités agricoles : coûts assimilables aux coûts comptables (vétusté et nombre d'année de production restantes déduites)	DDAF
		Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005)
Meuse	Macro	Demande de subventions, données calamités agricoles	DDAF Ardennes
		Montant des dommages	FFSA
Oise Aisne	Macro	Surfaces agricoles	Enquête de terrain
		Type de culture	
		% culture hiver/été	
		Rendement en hectare pour le type de culture en quintal	
Rhône	Macro	Type de culture (vergers, vignes,	

		cultures d'hiver, cultures de printemps, cultures à haute valeur ajoutée, serres tunnel et serre verre)	
		Prix	
		Rendement	
		Frais récolte	
		Coûts liés au semi	
Loire moyenne	Macro	Nombre siège d'exploitations Production (surfaces des cultures et têtes de bétail)	Chambre d'agriculture, Recensement Général Agricole, SIRENE INSEE corrigés par des conseillers agricoles et exploitants
Seine	Macro	% de surface cultivée (Culture d'hiver (blé, orge, seigle...), betterave, maïs et légumineuse)	
Artois Picardie	Macro	Demande de subventions, données calamités agricoles	DDAF
		Montant des indemnités	Assureurs
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
Marne	Meso	Surfaces agricoles	Données topographiques
		Occupation des sols pour ces surfaces	MOS de l'IAURIF ou cartographie ISL ou cartographie de l'occupation des sols d'après les cartes IGN au 1/25000 <sup>ème</sup>
Orb	Meso	Surfaces agricoles (vigne, blé dur, maïs, tournesol, pêchers, pommiers et cerisiers)	o Etude sur la vulnérabilité agricole (CA 2005) o Enquête auprès d'agriculteur
		Produit brut (vigne, blé dur, maïs, tournesol, pêchers, pommiers et cerisiers)	
		Perte d'exploitation	
		Montant des dommages	Centre d'Economie Rurale, 1999
Rhône aval Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003
Rhône Viviers Beaucaire	Meso	Montant des dommages	Méthode du Rhône, 2003
Isère	Meso	Surface	Chambre d'Agriculture de l'Isère, Association pour le Développement de l'Agriculture
		Nature des cultures	
		Données calamités agricoles	Comité Départemental d'Expertise Agricole
Touloubre	Meso	Nombre et le type d'exploitations agricoles pour une crue de référence type septembre 1993/octobre 1994 et une crue centennale	Retour d'expérience
Charente Saint Savignien	Meso	Montant des dommages	DDAF

La thèse JP Torterotot	Meso	% de surface correspondant à différents types d'occupation du sol	Carte géographique, plan cadastral, photographies aériennes, documents d'urbanisme, expertise et connaissance du terrain
		Nombre d'exploitations agricoles	Etude technique + connaissance du terrain
		Répartition des cultures agricoles en 16 catégories de production	Expertise, connaissance du terrain et Recensement Général de l'Agriculture
		Synthèse des données bibliographiques portant sur les pertes relatives de récolte, les seuils de durée non dommageable, en fonction des types de cultures et des saisons	BCEOM (1970) + adaptation à l'échelle locale
		Montant des dommages	Enquête de terrain
Bruche	Meso	Caractérisation des surfaces agricoles	BD OCS, VIGAL,
		Montant des dommages	Enquête post-catastrophe de la Chambre d'Agriculture du Gard et du Centre d'Economie Rurale
La Truchère	Micro	Perte de rendement en fonction du type de culture, de la période de l'année et de la durée de submersion	Chambre d'Agriculture de Saône et Loire et enquête auprès de treize exploitants
Labergement les Auxonnes	Micro	Montant des dommages	Enquête postale auprès de 18 exploitants agricoles

## 2.4 Les infrastructures et réseaux

### Equipement

Tableau 10 : L'enjeu équipement.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Montant des travaux de remise en état et de réfection, auxquels viennent parfois se rajouter le coût des travaux d'urgence, ou des études préalables à ces travaux	CG, DDE
		Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005) auprès des CG, DDE
Meuse	Macro	Montant des dommages	Préfecture des Vosges, des Ardennes et CG Ardennes
Oise Aisne	Macro	Nombre d'équipements	Enquêtes
Loire moyenne	Macro	Nombre d'équipements suivant la typologie établie <sup>13</sup>	Identification de chaque équipement à partir de plans de ville ou au moment du passage sur le terrain réalisé pour recenser les logements+ fichier SIRENE INSEE

<sup>13</sup> Bureaux – Locaux administratifs, Etablissements d'enseignement, Equipements sportifs de plein air, Equipements sportifs couverts, Entrepôts – Locaux associatifs – Eglise – Casernes, Equipements culturels,

Seine	Macro	Surface en m2 (Etablissement public de santé, administratif, enseignement...)	Collecte d'informations de la phase I
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
Isère	Meso	Montant des dommages	Enquête auprès des organismes concernés
Touloubre	Meso	Nombre et le type d'équipements potentiellement inondables pour une crue de référence type septembre 1993/octobre 1994 et une crue centennale	Retour d'expérience
Charente Saint Savignien	Meso	Montant des dommages aux infrastructures	Préfecture de la Charente Maritime
		Montant des dégâts pour les établissements publics	Municipalité de Saintes
Cheffes sur Sarthe	Micro	Montant des dommages	Enquête de terrain

## Voirie

Tableau 11 : L'enjeu voirie.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Artois Picardie	Macro	Montant des dommages	Retour d'expérience
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
Isère	Meso	Montant des dommages	Retour d'expérience (crue de 1993)
Cheffes sur Sarthe	Micro	Montant des dommages	Enquête de terrain
Varennes-le-Grand	Micro	Montant des dommages	Retour d'expérience (crue 2001)

## Réseau routier

Tableau 12 : L'enjeu réseau routier.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Oise Aisne	Macro	Longueur du réseau en kilomètre	
Loire moyenne	Macro	Kilomètre de chaque type de route	BD Carto IGN
Seine	Macro	Simulation avec obtention du niveau de trafic par tronçon et bilan du temps de parcours pour l'ensemble des usager	Modèle trafic IAURIF + plan topographique
PACA	Macro	Montant des dommages par unité	Analyses réalisées sur les crues

Traitement et distribution de l'eau, Etablissement de santé, Parcs des expositions, Ateliers techniques, Locaux d'hébergement.

			passées et des grilles d'évaluation utilisée en région PACA
		Comptage des unités	SCAN 25 et photos aériennes
Artois Picardie	Macro	Nombre de kilomètres touchés	DDE
Orb	Meso	Domage / Kilomètre de route	Issus de l'analyse de la crue de 1996
Charente Saint Savignien	Meso	Linéaire coupé et montant des dégâts	Municipalité de Saintes
Bruche	Meso	Localisation des routes	BD Topo
		Type de réseau routier	

## Réseau Eau

Tableau 13 : L'enjeu réseau eau.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Montant des travaux de remise en état et de réfection, auxquels viennent parfois se rajouter le coût des travaux d'urgence, ou des études préalables à ces travaux	Préfecture, DDAF, SAUR
		Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005) auprès des préfetures, DDAF, SAUR
Loire moyenne	Macro	Unité d'équipements de ces réseaux (station d'épuration, captage d'eau)	Agence de l'eau Loire Bretagne
Seine	Macro	Volume d'eau non distribuée	DRE
		Population touchée	
		Perte nette pour l'exploitant	
		Coût d'approvisionnement avec citernes	
Artois Picardie	Macro	Montant des dommages	DDE
Isère	Meso	Montant des dommages	Etude de 1971

## Réseau électricité

Tableau 14 : L'enjeu réseau électricité.

Etude	Etude	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Montant des travaux de remise en état et de réfection, auxquels viennent parfois se rajouter le coût des travaux d'urgence, ou des études préalables à ces travaux	EDF
		Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005)
Meuse	Macro	Montant des dommages	EDF-GDF
Seine	Macro	Puissance totale non distribuée	
		Consommation domestique non	

		satisfaite en ZI et hors ZI	
Artois Picardie	Macro	Montant des dommages	EDF-GDF
Entente Oise Aisne	Macro	Longueur du réseau des lignes haute tension en kilomètre	BD Carto
Isère	Meso	Montant des dommages	Etude de 1971

### Réseau gaz

Tableau 15 : L'enjeu Réseau gaz.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Seine	Macro	Nombre d'habitants touchés	
		Valeur de la consommation non distribuée	

### Télécommunication

Tableau 16 : L'enjeu Télécommunication.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Seine	Macro	Nombre de clients	France Télécom + groupe de travail
		Chiffres d'affaire journaliers	
		Coût de remise en état	

### Réseau ferré

Tableau 17 : L'enjeu réseau ferré.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Montant des dommages	SNCF
Meuse	Macro	Montant des dommages	SNCF
Artois Picardie	Macro	Montant des dommages	SNCF
Seine	Macro	Pertes de recettes (réseau ferré + RATP)	Scénario + groupe de travail
Isère	Meso	Montant des dommages	Etude de 1971

### Voie eau

Tableau 18 : L'enjeu voie eau.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Montant des dommages	DIREN, les préfetures, les Conseils Généraux, les DDAF et les syndicats de digue
Artois Picardie	Macro	Montant des dommages	DIREN, les préfetures, les Conseils Généraux, les DDAF et les syndicats de digue

## 2.4.1 Les enjeux humains

Tableau 19 : L'enjeu humain.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Oise Aisne	Macro	Nombre d'habitants au km2	BD Carto
PACA	Macro	Population située sous l'emprise du projet	Ilot INSEE, Scan 25 et photos aériennes
Rhône aval	Macro	Nombre d'habitants par casier	BD Carto, îlot INSEE

## 2.5. Autres enjeux

### Campings

Tableau 20 : L'enjeu camping.

Etude	Etude	Thèmes	Sources des données
Orb	Macro	Surface	Enquête de terrain
		Capacité d'accueil totale	
		Capacité Grand confort caravane	
		Capacité « nu »	
		Nombre d'emplacements	
		Dates ouverture/fermeture	
		Type d'emplacement (tente, mobil home, chalet)	
Romanche	Meso	Surface des campings concernés	

### Rivières et digues

Tableau 21 : L'enjeu rivières et digues.

Etude	Niveau d'échelle	Thèmes	Sources des données
Rhône aval	Macro	Indication sur le montant des dommages	Enquête téléphonique et entretiens directs (entre octobre 2004 et janvier 2005) auprès des DIREN, Préfecture, CG, DDAF, syndicats de digue)
Meuse	Macro	Coût des réparations sur les canaux navigables	Navigation Nord Est

## 3. L'évaluation des dommages directs

Les dommages concernent l'habitat, les activités économiques, l'agriculture, les infrastructures et réseaux, les enjeux humains et les campings. Pour chacun de ces enjeux, les méthodes d'évaluation des dommages sont exposées.

### 3.1. Dommages à l'habitat

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Elaboration des courbes de dommages :
  - o Echelle macro :
    - § Loire moyenne : 15 coefficients<sup>14</sup> pour Orléans et Tours, 5<sup>15</sup> pour les autres territoires (approche assurantielle, probabiliste) ;
    - § Rhône : deux courbes : une pour l'habitat urbain dense (2 courbes si hauteur d'eau est inférieure ou supérieure à 2,5 mètres) et une pour l'habitat pavillonnaire (en supposant 6,4 pavillons à l'hectare pour les zones pavillonnaires denses et 2,4 pavillons à l'hectare pour les zones pavillonnaires diffus) ;
    - § Meuse : courbe appliquée à l'ensemble du territoire ;
  - o Echelle meso :
    - § Marne : courbes établies en phase I pour la zone hors Ile de France ;
    - § JP Torterotot : courbes linéaires par morceaux issues d'enquête à l'échelle micro ;
- Utilisation de courbes existantes :
  - o Echelle macro :
    - § Seine : courbe de la DREIF<sup>16</sup>, dommage estimé uniquement pour les logements en rez-de-chaussée, en considérant le sous-sol s'il existe (enquête auprès d'agents immobiliers pour l'habitat individuel, zone témoin pour connaître la densité des habitats collectifs) ;
    - § Oise Aisne : courbes de l'étude du Territoire Rhône, de la DREIF et utilisation des formules de calculs d'ALPHEE<sup>17</sup> (deux courbes d'endommagement : une pour les logements avec sous-sol et une pour les logement sans sous-sol en établissement une hauteur moyenne de plancher en rez-de-chaussée pour chaque type de bâtiment. Seuls les sous-sols aménagés sont considérés dans les calculs) (enquête de terrain pour connaître la proportion de logement avec et sans sous-sol) ;
  - o Echelle meso :
    - § Marne : pour la zone Ile de France : courbes de la Seine, en utilisant une actualisation des données par un coefficient de 1,7 ;
    - § Rhône aval Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône avec utilisation d'un coefficient correcteur ;
    - § Rhône Viviers Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône avec utilisation d'un coefficient correcteur ;

---

<sup>14</sup> Habitat collectif à caractère social ou privé, maison de ville (avec trois niveaux de standing), maison RDC (sans sous-sol ni étage, avec sous-sol et trois niveaux de standing), maison RDC + 1 avec sous-sol et trois niveaux de standing ou sans sous-sol et trois niveaux de standing.

<sup>15</sup> Maison de ville, maison RDC, maison RDC+1, maison RDC avec sous-sol, maison RDC+1 avec sous-col.

<sup>16</sup> Direction Régionale de l'Équipement Ile-de-France.

<sup>17</sup> Logiciel de l'étude Seine, 1998.

- § Orb : courbes de JP Torterotot (même type de bâtis, étage type, hypothèse de surélévation du premier plancher, 50% des rez-de-chaussée sont considérés comme habités) ;
  - § Bruche : courbes de JP Torterotot ;
- Retour d'expérience :
  - Echelle macro :
    - § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu ;
    - § Artois Picardie : 2600 maisons inondées, 730 évacuées ;
    - § Rhône aval : Méthode Rhône 2003 et méthode MRN ;
  - Echelle meso :
    - § Rhône aval Beaucaire : dommages de la crue 2003 et méthode MRN ;
    - § Rhône Viviers Beaucaire : dommages de la crue 2003 et méthode MRN ;
    - § Isère : le total des maisons ou des logements collectifs concernés multiplié par la valeur moyenne de sinistre retenue ;
    - § Sarthe : nombre d'habitations épargnées, en prenant comme valeur unitaire 22 000 euros pour une habitation ;
    - § Charente Saint Savignien ;
    - § MRN : données de la FFSA (uniquement les montants assurés) ;
  - Echelle micro :
    - § Labergement les Auxonnes : nombre d'habitations touchées (d'après les simulations, le maire et l'enquête auprès de 28 habitations sélectionnées par le maire du fait de leur vulnérabilité) et coût moyen des dommages par habitations inondées : entre 2000 et 3500 euros (d'après une étude de la DIREN Bourgogne) ;
    - § Cheffes sur Sarthe : habitats récents et habitats anciens touchés en 1995 ;
    - § La Truchère : 73 questionnaires, nombre d'habitations touchées en fonction du type de crues ;
    - § Varenne le Grand : dommages liés aux maisons inondées en 1983 et 2001 ;
- Utilisation d'un ratio :
  - Echelle meso :
    - § Quimper : calcul au pro rata des bâtis ponctuels inondés permet de calculer le coût des dégâts aux particuliers ;
    - § Manche : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles) ;
    - § Touloubre : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles) et de l'étude sur la Protection des zones inondées par les crues des ruisseaux affluents du Cher (Commune de Montluçon, Sogreah, 1999).

### 3.2. Dommages aux activités économiques

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Elaboration des courbes de dommages :
  - o Echelle macro :
    - § Loire moyenne : 53 coefficients<sup>18</sup> (approche assurantielle, enquête auprès d'entreprises sinistrées) ;
    - § Seine : coefficient d'endommagement correspondant à un pourcentage des enjeux totaux. La courbe unique est établie à partir d'une enquête auprès de 60 entreprises et s'applique aux enjeux en rez-de-chaussée (approche assurantielle auprès de 3 types d'experts (experts salariés d'une mutuelle d'assurance, cabinets d'experts indépendants intervenant pour le compte de compagnie d'assurance et experts de sociétés de nettoyage et la décontamination des entreprises sinistrées) et enquête auprès d'entreprises considérées comme stratégiques) ;
    - § Marne : pour la zone hors Ile de France, courbes établies en phase I ;
    - § Meuse : courbe appliquée à l'ensemble du territoire ;
  - o Echelle meso : JP Torterotot : courbes linéaires par morceaux issues d'enquête à l'échelle micro ;
- Utilisation de courbes existantes :
  - o Echelle macro :
    - § Oise Aisne : courbes du Plan Loire Grandeur Nature en considérant quatre catégories (dommages aux constructions, aux matériels, aux stocks et perte d'exploitation) ;
    - § Rhône : courbes du Plan Loire Grandeur Nature avec la valeur d'endommagement issue d'une expertise de Bruno Ledoux ;
  - o Echelle meso :
    - § Orb : courbe d'une étude australienne (Queensland Government) avec un ajustement des données en considérant la différence du coût de la vie entre la France et l'Australie, le taux de change et l'inflation (indice du coût de la construction), hypothèse : les planchers sont surélevés ;
    - § Marne : pour la zone Ile de France : courbes de la Seine, en utilisant une actualisation des données par un coefficient de 1,7 ;
    - § Rhône aval Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône avec utilisation d'un coefficient correcteur ;
    - § Rhône Viviers Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône avec utilisation d'un coefficient correcteur ;

---

<sup>18</sup> Industrie des biens d'équipement (4), Industries des biens intermédiaires (11), Industries automobiles (1), Industrie de biens de consommation courante (6), Industrie agricole et alimentaire (2), Construction (1), Commerce (6), Services aux entreprises (6), Services aux particuliers (7), Transport (2), Education, santé, action sociale (4), Activité financière (1), Activité immobilière (1).

- § Bruche : courbe d'une étude australienne (Queensland Government) ;
- Utilisation d'un ratio :
  - Echelle meso :
    - § Quimper : pro rata des surfaces inondées dans la zone d'activité économique pour obtenir les dégâts des entreprises de Quimper ;
    - § Isère : pour les entreprises les moins importantes, utilisation d'un ratio unitaire issu de retours d'expériences, de statistiques de l'APSA et de calculs du Secrétariat d'Etat ;
    - § Romanche : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles) ;
    - § Touloubre : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles) et de l'étude sur la Protection des zones inondées par les crues des ruisseaux affluents du Cher (Commune de Montluçon, Sogreah, 1999) ;
    - § MRN : ratio 60/40 (particuliers/professionnels) pour obtenir les dommages aux professionnels à partir des dommages aux particuliers, sachant qu'il s'agit de dommages assurés donc pouvant également inclure des dommages indirects si le professionnel a une assurance pertes d'exploitation ;
- Retour d'expérience :
  - Echelle macro :
    - § Artois Picardie : 2000 entreprises sinistrées et chômage partiel ;
    - § Rhône aval : Méthode Rhône 2003 et enquête de terrain ;
    - § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu ;
  - Echelle meso :
    - § Rhône aval Beaucaire : dommages de la crue de 2003 ;
    - § Rhône Viviers Beaucaire : dommages de la crue de 2003 ;
    - § Isère : enquête auprès des entreprises les plus importantes ;
    - § Charente Saint Savignien ;
  - Echelle micro : Cheffes sur Sarthe : activités et commerces.

### 3.3. Dommages agricoles

Plusieurs méthodes ont été utilisées :

- Elaboration des courbes de dommages :
  - Echelle macro :
    - § Loire moyenne : 15 coefficients<sup>19</sup> pour l'agglomération d'Orléans, 3<sup>20</sup> pour l'agglomération de Tours, 12<sup>21</sup> pour le Val d'Authion, 21<sup>22</sup> pour

<sup>19</sup> Productions (verger, pépinière en terre ou sous terre ou en pot, horticulture florale sous terre ou en terre, maraîchage sous abris mixtes ou sous serre en verre ou de plein champs), Exploitation (aboricole (2), horticole(2), maraîchère (2)).

<sup>20</sup> Maraîchage sous abris mixtes ou sous serre en verre ou de plein champ.

<sup>21</sup> Maine et Loire : Grandes cultures (5), Semences (7), Maraîchage (3), Arboriculture (3), Horticulture (17), Elevage de bovins (5) et Elevage avicole (4) ; Indre-et-Loire : Verger, Vigne, Grandes cultures (4), Maraîchage (3) et Elevage bovin (5).

- les autres territoires (enquête auprès d'un échantillon d'exploitants, de conseillers agricoles, des chambres d'agriculture, BHR...);
- § Meuse : courbe appliquée à l'ensemble du territoire ;
- Echelle meso :
    - § Orb : les dommages se manifestent en perte d'exploitation, distinction entre les zones viticoles et les autres zones, relation linéaire entre la proximité de la période des récoltes et les dégâts, lorsque les vergers sont touchés au-delà de 1,5 m toute la récolte est perdue, occurrence de la crue en septembre ;
    - § Marne : toutes les surfaces en cultures sont supposées être du maïs, prix retenu de 250 euros TTC par tonne, dommage unitaire pour les cultures de 2000 euros par hectare ;
    - § Rhône aval Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône en calant les dommages sur la moyenne du mois de mai et la période hivernale ;
    - § Rhône Viviers Beaucaire : courbes de l'étude du Territoire Rhône en calant les dommages sur la moyenne du mois de mai et la période hivernale ;
    - § JP Torterotot : courbes linéaires par morceaux issues d'une synthèse d'études existantes avec une adaptation à l'échelle locale ;
  - Utilisation de courbes existantes :
    - Echelle macro :
      - § Seine : courbes de JP Torterotot et approche assurantielle ;
      - § Rhône : courbes du Plan Loire, issues d'experts locaux et des références technico-économiques sur les différentes productions de la vallée du Rhône (prise en compte, en fonction des périodes, de trois vitesses de courant et de trois hauteurs d'eau) ;
    - Echelle meso :
      - § Oise Aisne : étude BRL de 2001 et du Plan Rhône de 2003 ;
      - § Bruche : courbes de l'étude sur l'Orb ;
  - Utilisation d'un ratio :
    - Echelle meso : Touloubre : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles), du barème d'indemnisation des dommages aux cultures (Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, 1997) et de l'étude sur la Protection des zones inondées par les crues des ruisseaux affluents du Cher (Commune de Montluçon, Sogreah, 1999).
  - Retour d'expérience :
    - Echelle macro :
      - § Artois Picardie : perte de récolte, perte de fonds, hortillonnages ;
      - § Rhône aval : Méthode Rhône 2003 et enquête de terrain (calamité agricole);

---

<sup>22</sup> Prairies de fauche ou d'ensilage, prairies pâturées, cultures d'hiver, culture de printemps, vigne, asperges et fraises, vergers, maraîchage de plein champ, maraîchage sous abris, horticulture sous serres, pépinières en plein air, grandes cultures, grandes cultures + bovins viande, polyculture, lait, maraîchage sous serres, horticulture sous serres, pépiniéristes, arboriculture, hors-sol volaille, viticulture.

- § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu ;
- Echelle meso :
  - § Rhône aval Beaucaire : dommages de la crue de 2003 ;
  - § Rhône Viviers Beaucaire : dommages de la crue de 2003 ;
  - § Isère : dommages de 1993 ;
  - § Charente Saint Savignien ;
- Echelle micro :
  - § Labergement-lès-Auxonnes : enquête auprès de 18 exploitants agricoles ;
  - § La Truchère : enquête auprès de treize exploitations agricoles et simulation des casiers inondés dans le cas avec projet d'aménagement .

### 3.4. Dommages aux infrastructures et aux réseaux

#### Equipement / ERP<sup>23</sup>

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Elaboration des courbes de dommages :
  - Echelle macro :
    - § Loire moyenne : 19 coefficients<sup>24</sup> (approche probabiliste et enquête sur équipement sinistrés auprès de 138 organismes) ;
    - § Meuse : courbe appliquée à l'ensemble du territoire (biens publics ou collectifs) ;
    - § Seine : valeur de l'enjeu en franc par m<sup>2</sup> (issue de la phase I et d'expertises complémentaires) ;
- Traité comme les bâtis :
  - Echelle meso : Orb (équipements publics et ERP) ;
- Retour d'expérience :
  - Echelle macro :
    - § Rhône aval : biens municipaux c'est-à-dire ateliers municipaux, les médiathèques, boulodrome, casino etc ;
    - § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu (station d'épuration, station AEP, transformateur EDF, école, collège, lycée, gendarmerie, caserne des pompiers, établissement de santé, bureaux / services, équipements sportifs, locaux de clubs sportifs ou associations, tribune hippodrome avec locaux) ;
    - § Oise Aisne : enquête SIEE pour connaître le nombre d'équipements touchés (les équipements autoroutiers, les cimetières, les équipements électriques, les équipements hydrauliques, les gares de triage, les équipements militaires, les usines de traitement des déchets) et les ERP touchés (équipement administratif, équipement

<sup>23</sup> ERP : Etablissement Recevant du Public.

<sup>24</sup> Bureaux - locaux administratifs, aux établissements d'enseignement, Equipements sportifs de plein aire, Equipements sportifs couverts, Entrepôts – locaux associatifs – églises- casernes, Equipements culturels, Traitement et distribution de l'eau, Etablissements de santé, Parcs des exposition, Ateliers techniques et Locaux d'hébergement

- de santé, équipement d'enseignement, équipement culturel, équipement sportif et de loisir) ;
- Echelle meso :
  - § Isère : équipements hospitaliers, scolaires et universitaires, sportifs et de loisir, espaces verts et cimetières, mobilier urbain et équipements de signalisation, bâtiments communaux, installations techniques, installations des services publics ;
  - § Charente Saint Savignien ;
- Echelle micro : Cheffes sur Sarthe ;
- Utilisation d'un ratio :
  - Echelle meso : Touloubre : utilisation des grilles du PER (Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles), du barème d'indemnisation des dommages aux cultures (Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, 1997) et de l'étude sur la Protection des zones inondées par les crues des ruisseaux affluents du Cher (Commune de Montluçon, Sogreah, 1999).

#### Voirie

Une méthode a été mise en place :

- Retour d'expérience :
  - Echelle macro :
    - § Artois Picardie ;
    - § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu ;
  - Echelle meso : Isère : crue de 1993 ;
  - Echelle micro :
    - § Varennes-le-Grand : crue de 2001 ;
    - § Cheffes sur Sarthe.

#### Réseau routier

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Retour d'expérience :
  - Echelle macro :
    - § Loire moyenne ;
    - § PACA : élaboration des grilles d'endommagement par unité d'enjeu ;
    - § Artois Picardie ;
  - Echelle meso :
    - § Orb ;
    - § Charente Saint Savignien ;
    - § Bruche : utilisation des résultats de l'étude sur l'Orb ;
- Nombre de kilomètres touchés :
  - Echelle macro : Oise Aisne : BD Carto ;
- Simulation du temps perdu du fait de la perturbation du trafic
  - Echelle macro : Seine : 4 scénarios testés avec utilisation d'un coefficient de l'IAURIF (dommage moyen associé à la durée de submersion).

#### Réseau ferré

Deux méthodes ont été mises en place :

- Retour d'expérience :
  - o Echelle macro :
    - § Artois Picardie : réseau, perte d'exploitation, bâtiments et matériels.
    - § Meuse ;
    - § Rhône aval ;
  - o Echelle meso : Isère : étude de 1971 ;
- Groupe de travail : Echelle macro : Seine.

#### Réseau eau

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Enquête :
  - o Echelle macro : Loire moyenne (auprès des gestionnaires de stations de captage ou de traitements des eaux) ;
- Retour d'expérience :
  - o Echelle macro :
    - § Artois Picardie : eau potable (traitements de désinfection) ;
    - § Rhône aval : réseau assainissement et eau potable ;
  - o Echelle meso : Isère : étude de 1971 ;
- Groupe de travail : Echelle macro : Seine.

#### Réseau électricité

Deux méthodes ont été mises en place :

- Retour d'expérience :
  - o Echelle macro :
    - § Artois Picardie : Réseau et perte d'exploitation ;
    - § Rhône aval ;
    - § Meuse ;
  - o Echelle meso : Isère : étude de 1971.
- Longueur de linéaire de ligne haute tension par cellule :
  - o Echelle macro : Oise Aisne : BD Carto ;
- Groupe de travail : Echelle macro : Seine.

#### Réseau gaz :

Une méthode a été mise en place :

- Groupe de travail : Echelle macro : Seine.

#### Télécommunication

Une méthode a été mise en place :

- Groupe de travail : Echelle macro : Seine.

#### Voie d'eau

Une méthode a été mise en place :

- Retour d'expérience :
  - o Echelle macro :
    - § Artois Picardie : Dégradations des berges, ouvrage et chemin de halage, envasement ;
    - § Rhône aval.

### 3.5. Enjeux humains : population touchée

Une méthode a été mise en place :

- Formule :
  - o Echelle macro :
    - § Oise Aisne : densité au mètre carré multiplié par 2500, qui correspond à la superficie d'une maille en m<sup>2</sup> ;
    - § PACA : indicateur 135 et 136 avec évaluation de la population totale touchée sur un siècle en fonction des différentes crues possibles ;
    - § Rhône aval : nombre de population touchée en fonction de trois niveaux d'hauteur d'eau.

### 3.6. Autres enjeux

Camping

Deux méthodes ont été mises en place :

- Elaboration des courbes de dommages :
  - o Echelle meso : Orb : fonction de dommage des éléments de location (emplacement nu, mobil-home et chalet) et modélisation de la relation entre les pertes d'exploitation (dépend de l'occurrence de la crue supposée en septembre) et de l'endommagement des éléments de locations (enquête auprès des gestionnaires de campings) ;
- Utilisation de grille d'endommagement du PER (Plan d'Exposition aux Risques naturels prévisibles) :
  - o Echelle meso : Romanche.

Rivières et digues

Une méthode a été mise en place :

- Retour d'expérience :
  - o Echelle macro :
    - § Rhône aval ;
    - § Meuse.

## 4. L'évaluation des dommages indirects

Les dommages indirects concernent l'habitat, les activités économiques, les équipements, les surfaces agricoles et équipements sportifs, les équipements et bureaux, les établissements de l'enseignement et les établissements de santé.

### 4.1. Habitat

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Formule avec utilisation d'un coût unitaire :

- Echelle macro : Seine : population touchée, coût évacuation (FHRC), coût séchage (FHRC) ;
- Ratio :
  - Echelle meso : Marne : 15% des dommages directs.

#### 4.2. Activités économiques

Plusieurs méthodes ont été mises en place :

- Coûts liés à l'interruption de l'activité :
  - Echelle macro : Loire moyenne (fixée arbitrairement à 10 jours) ;
- Ratio dommage direct/indirect :
  - Echelle macro : Seine : enquête auprès de 60 entreprises et ajustement avec les résultats du FHRC ;
  - Echelle meso :
    - § Marne : 35% ;
    - § Orb : coefficient multiplicateur de 1,55.

#### 4.3. Equipements

Une méthode a été mise en place :

- Ratio : Echelle meso : Marne : 33% pour les équipements (hôpitaux, écoles, musées, infrastructures publiques).

#### 4.4. Surfaces agricoles et équipement sportif

Une méthode a été mise en place :

- Formule avec utilisation d'un coût unitaire : Echelle macro : Seine : coût nettoyage, coût de retard, prix de l'utilisation des équipements non perçus par les établissements.

#### 4.5. Equipements et bureaux

Une méthode a été mise en place :

- Exprimés par coûts directs : Echelle macro : Seine, d'après FHRC.

#### 4.6. Etablissements d'enseignement

Une méthode a été mise en place :

- Formule avec utilisation d'un coût unitaire : Echelle macro : Seine : coût nettoyage, coût location des locaux de remplacement.

#### 4.7. Etablissement de santé

Une méthode a été mise en place :

- Formule avec utilisation d'un coût unitaire : Echelle macro : Seine : coût de remplacement.

## C. Le résumé des pratiques existantes françaises

Une trentaine de pratiques françaises recensées est présentée en quelques pages.

### 1. Loire moyenne

#### Présentation

Titre de l'étude : Etude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne

Lieu / étendue du territoire : Loire moyenne, entre Nevers et Angers

Ouvrage(s) concerné(s) : Comparaison de trois scénarios : renforcement du système de protection par levées et déversoirs, nouveaux déversoirs de sécurité, ouvrage écrêteur du Veurdre

Maître d'ouvrage : Plan Loire Grandeur Nature

Date : 1999

Niveau d'échelle : Macro

Coût : 300 000 euros pour l'approche économique

#### Objectif

L'objectif premier était de savoir s'il était pertinent de construire l'ouvrage écrêteur du Veurdre. Finalement, cette étude a permis de proposer une stratégie de gestion des inondations sur la Loire moyenne.

#### Evaluation des coûts de l'ouvrage écrêteur du Veurdre

Coûts d'investissement : entre 500 et 1000 millions de francs.

Coûts de fonctionnement : 5 millions de francs TTC par an.

#### Evaluation des dommages

##### Dommages directs

###### - Habitat

Les dégâts matériels à l'immobilier et mobilier sont considérés grâce à une approche assurantielle : des experts d'assurance fournissent la valeur minimale et maximale d'un montant total de dommages potentiels pour chaque type de logements. Ces estimations ne dépendent pas de la hauteur d'eau (car le critère hauteur d'eau n'est pas déterminant pour expliquer l'ampleur des dommages dans la limite de 2-3 mètres).

L'étude Loire Moyenne intègre une approche probabiliste. Les auteurs précisent que cette loi peut être de type loi normale, ce qui signifie que la valeur la plus probable est la moyenne et que l'on a 99% de chance d'être entre les deux valeurs (minimales et maximales) indiquées par les experts.

###### - Activités économiques

Les coûts sont liés aux dégâts matériels. Trois catégories de biens par salarié sont considérées : construction, outil de production, stock (INSEE), trois taux d'endommagement

(fixés par les experts et complétés par des données d'enquêtes auprès d'entreprises sinistrées).

Quatre facteurs principaux, qui expliquent la grande variabilité du montant des dommages, doivent être pris en compte :

- Durée de submersion (avec seuil court de 24h pour les biens) ;
  - Hauteur d'eau ;
  - Temps de rétablissement des réseaux, temps d'intervention des secours et des sociétés spécialisées dans l'assèchement et la décontamination ;
  - Ampleur géographique du sinistre (nombre d'entreprises) qui conditionne le facteur précédent.
- Activités agricoles

L'évaluation du coût moyen aux productions et du coût moyen aux sièges d'exploitation est établie à partir des données issues de l'enquête auprès d'un échantillon d'exploitations et directement auprès des conseillers agricoles spécialisés, Chambre agriculture, BHR...

Concernant les agglomérations d'Orléans et de Tours et le val Authion, les variables suivantes sont considérées :

- Valeur par hectare de la production (chiffre d'affaires, c'est-à-dire prix et rendement) et de l'équipement spécifique ;
- Coefficient de période qui prend en compte le pourcentage de culture en place qui sera détruite à chacune des deux périodes définies ;
- Coefficient d'endommagement qui correspond au pourcentage de destruction de la production en place ou de l'équipement. Il dépend du stade végétatif des cultures et des paramètres de submersion.

Quatre niveaux d'aléa déterminants pour les dommages agricoles sont retenus :

- Aléa 1 : moins d'1 mètre de hauteur d'eau et une vitesse d'écoulement faible ;
- Aléa 2 : hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 mètres et vitesse faible ;
- Aléa 3 : hauteur supérieure à 2 mètres et vitesse faible ;
- Aléa 4 : hauteur d'eau supérieure à 1 mètre et vitesse forte.

Ce niveau spécifique d'aléa est principalement utilisé pour calculer les dommages aux équipements, il a peu de conséquences pour les cultures (coefficient d'endommagement égal à 1 à chaque période pour la plupart des cultures).

Les coûts moyens pour la production animale ne sont calculés que pour le Val Authion. La méthodologie reste la même que pour les productions de cultures. Deux hypothèses sont tout de même faites :

- Hypothèse 1 : Evacuation du cheptel avec des pertes de production négligeables ;
- Hypothèses 2 : Evacuation partielle où il est précisé le pourcentage bêtes évacuées, la valeur par tête, le coût de production, la valeur par tête de l'alimentation et le coefficient d'endommagement (dépendant du niveau d'aléa, appliqué aux valeurs de chacun des équipements et aux stocks).

Pour les sièges d'exploitations, il existe une typologie pour les agglomérations d'Orléans et de Tours. Les informations nécessaires sont la nature et le nombre de matériels principaux, la quantité de stocks, la nature et la surface moyenne des bâtiments. Pour chaque type d'équipement, un coefficient d'endommagement est appliqué par niveau d'aléa.

Pour le val d'Authion, il n'existe pas de typologie, un coût moyen est fixé quel que soit le type d'exploitation.

- Equipements

Les coûts correspondent aux pertes matérielles sur les bâtiments et aux dépenses occasionnées pour le nettoyage (source : enquête sur un échantillon d'équipements sinistrés, 138 organismes). Une approche probabiliste est de nouveau utilisée. D'après les auteurs, la loi peut être une loi lognormale.

- Réseau routier

Les dégâts sur la chaussée et sur les dépendances (accotements, talus, murets, ouvrages d'écoulement d'eau principalement) sont pris en compte, ainsi que les dépenses pour le nettoyage et l'utilisation de matériels divers (signalisation ou autre). Les informations recueillies sont issues d'un retour d'expérience.

- Services Eau

Vingt enquêtes auprès des gestionnaires de stations de captage ou de traitements des eaux, sinistrées lors de crues récentes, ont été réalisées. Pour ce type de réseau, les atteintes les plus significatives sont à classer parmi les dommages indirects (perturbation engendrées).

- Coût des secours

L'objectif était d'obtenir des informations de retour d'expérience. Ce coût correspond essentiellement aux dépenses engagées par les services de pompiers.

### Dommages indirects des inondés

#### Activités économiques

Ces dommages correspondent aux coûts liés à l'interruption de l'activité (perte exploitation). Les informations suivantes sont alors prises en compte : les chiffres d'affaires annuels par salarié (INSEE), la durée de submersion, le coefficient directeur (lié à la marge brute, pour exclure les frais variables comme l'achat de matières premières), la durée d'interruption fixée arbitrairement à dix jours sur l'ensemble de la Loire Moyenne.

#### Résultats

Les dommages sans brèche accidentelle et sans tenir compte des inondations par remontée de nappe sont de 17 milliards de francs.

Le dommage potentiel total est évalué à 40 milliards de francs (incertitude entre 50 et 100 %) pour une inondation comparable à celle de 1856.

Tableau 22 : Montant en milliards de francs des dommages évaluables (incertitude estimée entre 50 et 100%).

Période de retour de la crue	Dommege Logements	Dommege Activités	Dommege Agriculture	Dommege Equipements	Dommege Voirie	Total
50 ans	0,9	1,9	0,3	0	0,1	3,5
70 ans	1,2	2,9	0,4	0,1	0,1	5
100 ans	1,4	3,6	0,5	0,1	0,1	6

170 ans	1,6	4,2	0,5	0,1	0,2	7
200 ans	3,5	6,9	1,1	0,1	0,2	12
500 ans	4,6	10,1	1,9	0,1	0,3	17
Inondation 1856	10,5	26,1	2,7	0,3	0,1	40

Habitat : Coûts moyens : logement collectif à caractère social : 60 KF ; pavillon avec sous-sol, sans étage et standing 3 : 280 KF.

Activités économiques : Entre 50 KF (activités de bureaux) et 2 820 KF (industrie des biens intermédiaires) par salarié pour les dommages directs (dans l'hypothèse que H>1m et T>48h) et de 0KF (banques et agences immobilières) à 500 KF (services aux entreprises) par salarié pour les pertes d'exploitation (dans l'hypothèse que H>1m et T>48h).

Activités agricoles : Val d'Authion : entre 1KF/ha (culture de semences à l'automne) et 7 600KF /ha (horticulture sous serre). Productions animales : entre 1KF/tête et 17KF/tête pour les bovins et entre 15F/tête et 170F/tête pour les élevages avicoles. Sièges exploitations: moins de 100KF/siège à 1200KF/siège.

Equipement : 100KF/équipement à 1 300KF/équipement.

Réseau routier : 40KF quand crues faibles, 350KF lorsque crues plus fortes.

Réseau eau : 100KF pour petites structures, 600KF station épuration, 1 000KF station d'eau potable.

Coût secours : Essentiellement dépenses pour les pompiers : 4/5 du montant total soit 1,6KF.

L'équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature a eu pour objectif de mettre en œuvre une analyse multi-critères comme outil d'aide à la décision. Une réflexion sur les critères a été menée mais sans avoir l'opportunité d'aller au bout de l'analyse.

Quatorze critères ont été retenus, regroupés en trois thèmes: les enjeux et les impacts, les levées, la stratégie.

Critère -filtre : Acceptabilité de la stratégie : fragilité de la mise en place de la stratégie à son acceptation par les riverains avec une échelle qualitative à trois échelons.

Enjeux et impacts :

Critère n°1 : Population : nombre de personnes dans les zones inondées

Critère n°2 : Evolution des enjeux : nombre de personnes dans les zones inondées des 3 vals amont et du val d'Ouzouer à l'horizon 2020

Critère n°3 : Habitat : Montant des dommages aux logements

Critère n°4 : Activités économiques : Montant des dommages aux activités

Critère n°5 : Activités économiques : Nombre d'entreprises ou nombre de salariés

Critère n°6 : Equipements: nombre d'équipements « stratégiques » (essentiels pour la gestion de la crise, ou difficiles à évacuer)

Critère n°7 : Impact sur l'environnement naturel : échelle qualitative à cinq échelons

Levées :

Critère n°8 : Rupture des levées : nombre de ruptures par surverse

Critère n°9 : Atteinte aux levées : risque de rupture autre que par surverse  
Combinaison des paramètres : linéaire de banquettes, hauteur d'eau sur les banquettes, durée

Critère n°10 : Atteinte aux levées : déstabilisation des pieds de levée sur 4 vals concentrant la majorité des enjeux (Orléans, Cisse, Tours et Authion)  
Combinaison de paramètres : hauteur d'eau sur les levées et durée

Stratégie

Critère n°11 : Investissement : montant des investissements nécessaires pour la réalisation des opérations d'aménagement

Critère n°12 : Fonctionnement : coût des travaux d'entretien des opérations d'aménagement

Critère n°13 : Date au plus tôt de la mise en œuvre opérationnelle de la stratégie

Critère n°14 : Degré d'importance de la maintenance et complexité de la chaîne de décision. Echelle qualitative à trois échelons

## 2. Seine

### Présentation

Titre de l'étude : Evaluation des dommages liés aux crues en Région Ile de France

Lieu / étendue du territoire : Ile de France

Maître d'ouvrage : IIBRBS

Prestataire : HYDRATEC, SIEE, TCA associés de STRATEGIS, BLC, IAURIF.

Date : 1998

Niveau d'échelle : Macro

Coût : 82 700 euros en phase I et 144 000 euros en phase II (seulement l'approche économique)

### Objectif

La première phase en 1990 est mise en place pour justifier l'ouvrage. La deuxième phase est un prolongement de la première et permet d'aller plus loin dans les estimations.

### Evaluation des dommages

#### Les dommages directs

##### - Habitat

La méthode retenue en phase II est comparable à celle de la phase I. L'habitat individuel a été étudié selon les critères suivants: nombre total de logements, valeur immobilière moyenne issue d'enquêtes réalisées auprès d'agents immobiliers. Cette valeur est pondérée par un coefficient permettant de tenir compte de la valeur du mobilier, puis ramenée à une donnée surfacique par la prise en compte de la densité de logement. Des coefficients de passage sont calculés pour corriger la valeur surfacique des biens exposés en fonction de la densité de logement. Enfin, des courbes de dommage sont élaborées à partir de celles mises en place par la DREIF. Le coût total est le produit de la valeur de l'enjeu par le coefficient de l'endommagement.

Pour l'habitat collectif, les logements exposés sont situés en rez-de-chaussée. Une zone témoin a été identifiée pour établir la densité de commerce en rez-de-chaussée. La valeur mobilière et immobilière d'un commerce a été extraite des bases INSEE.

Les dommages ont été estimés uniquement pour les logements en rez-de-chaussée en croisant les données des casiers, des communes et des îlots MOS 90.

Le calcul de dommages directs s'appuie sur :

- Classe MOS ;
- Coefficient de qualité (évalué en phase 1, variable selon les postes et communes considérés) ;
- % logement avec sous-sol ;
- % logement sans sous-sol ;
- Hauteur du 1<sup>er</sup> plancher d'un logement habitable sans sous-sol ;
- Hauteur du 1<sup>er</sup> plancher d'un logement habitable avec sous-sol ;
- Valeur immobilière du logement.

Les courbes d'endommagement retenues ont été celles de la DREIF du fait de la meilleure adéquation avec la zone géographique.

Tableau 23 : Les courbes d'endommagement de la DREIF.

Avec sous-sol							
Hauteur/plancher (m)	-2,7	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	3,5
Coefficient d'endommagement	1	14,7	21,1	26,5	37,3	48,1	53,8
Sans sous sol							
Hauteur/plancher (m)	-0,3	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	3,5
Coefficient d'endommagement	1	4,8	11	17,3	29,8	42,3	48,6

Une analyse de sensibilité des différentes courbes d'endommagement (Torterotot, Ledoux, Phase 1) pour l'habitat est réalisée.

#### - Activités économiques

Lors de la phase II, une enquête auprès d'entreprises considérées comme stratégiques a été réalisée pour permettre d'établir les fonctions d'endommagement.

Une approche assurantielle auprès de trois types d'experts a été menée : experts salariés d'une mutuelle d'assurance, cabinets d'experts indépendants intervenant pour le compte de compagnie d'assurance et experts de sociétés spécialisées dans le nettoyage et la décontamination des entreprises sinistrées. Mais cette approche n'a pas permis d'aboutir à un coût moyen. Par contre, il a été construit des courbes de dommage en fonction de trois paramètres, à partir de dire d'experts : hauteur et durée de submersion et temps d'intervention pour la remise en état après le retrait des eaux. Pour que ces courbes soient les plus simples possibles, des valeurs seuils ont été retenues (respectivement 0,8m, 24 heures et 48 heures). Ces courbes permettent de calculer les dommages aux constructions, aux outils de production, aux stocks et les pertes d'exploitation.

Pour obtenir des résultats, la densité d'employés devait être évaluée. Plusieurs méthodes ont été comparées (les méthodes dites « Données ILOTMOS 90 », « Densité globale », « Densité spécifiques », « Densité globale 5% », « Densité globale 10% », « Densité spécifiques 5% », « Densité spécifiques 10% » et la méthode des zones témoins).

#### - Equipements et agriculture

Les dommages directs et indirects sont calculés de façon surfacique pour tous les postes MOS, qui ne font pas l'objet d'une évaluation par les groupes de travail.

Les valeurs des dommages par type d'enjeux par m<sup>2</sup> sont proposées. Ainsi, un bois ou une forêt ouvert au public correspond à 0,018 franc/m<sup>2</sup>, un terrain de sport en plein air à 247 francs/m<sup>2</sup>, une mairie à 1 066 francs/m<sup>2</sup>...Cent dix enjeux sont ainsi répertoriés.

Le calcul des dommages résulte du croisement des bases relatives à la caractérisation de la submersion, de la base des enjeux et des tables relatives aux coefficients d'endommagement.

#### - Transport routier

Quatre scénarios sont testés avec deux niveaux de crue : 1955 avec barrages influents, 1955 sans barrage influent, 1910 avec barrages influents, 1910 sans barrage influent. Ces scénarios sont comparés à la situation dite de référence : celle de 1995.

L'évaluation des pertes de temps du fait des perturbations du trafic est réalisée grâce à l'utilisation d'un coefficient multiplicateur de l'IAURIF. Ce dernier permet de calculer le dommage journalier en fonction de l'heure de circulation (heure de pointe ou heure où le trafic est plus fluide). Un dommage moyen est alors associé à une durée de submersion, moyennant certaines hypothèses.

- Production eau et assainissement

Plusieurs crues doivent être simulées. Un désordre concerne à la fois les ménages (avec peut être un déficit de consommation) et les exploitants du réseau (volume d'eau non distribuée multiplié par le prix moyen de l'eau dont on aurait déduit les différentes taxes). Les auteurs proposent alors de valoriser le coût économique journalier de la quantité d'eau potable non distribuée. Le coût d'un approvisionnement de substitution avec citernes peut être établi selon des scénarios proposés aux autorités chargées de mettre en place, le cas échéant, un tel système.

- Réseau transport – Distribution électrique

Le dommage s'exprime en fonction de la détermination de la puissance totale non distribuée et de la consommation domestique non satisfaite en zone inondable et hors zone inondable.

- Réseau transport – Gaz

La quantité non produite sur la base du désordre est évaluée. La population perturbée et la valeur de la consommation non distribuée totale sont établies à partir d'informations sur le nombre d'habitants desservis pour chaque poste touché.

- Télécommunications

La base de données des installations de France Télécom établie par le groupe de travail contient, pour chaque central et sous-répartiteur, le nombre de clients, le chiffre d'affaires journaliers et le coût de remise en état du poste considéré. Le scénario du désordre donnera automatiquement les dommages directs (coût de remise en état) et indirects (perte du chiffre d'affaires pour l'exploitant).

- Réseau ferré et réseau RATP

Un scénario de désordre doit permettre d'établir un scénario d'exploitation du réseau public ferré et donc de déterminer les pertes de recettes qui en découlent (à l'aide de ratios connus par les exploitants).

- Autres réseaux : déchets, approvisionnement pétrolier, navigation fluviale

Les pertes d'exploitation de la société TIRU (Traitements Industriels des Résidus Urbains), résultant d'un arrêt partiel ou total de l'activité, comprennent essentiellement la redevance payée à SYCYOM (Syndicat Mixte Central du Traitement des Ordures Ménagères), la vente d'énergie et l'évacuation des sous produits.

Pour la société TRAPIL (Transports Pétroliers par Pipeline), le coefficient d'endommagement serait de 50% pour une hauteur d'eau de 0,50m et pourrait atteindre 75% pour des hauteurs d'eau supérieures.

Les dommages pour la navigation fluviale concernent la perte de recette des transporteurs, la gêne occasionnée aux activités des ports, et aux activités de production et de stockage situées

sur les zones portuaires. Les désordres peuvent aussi toucher la navigation fluviale touristique soit un chiffre d'affaire de 500 MF par an.

Les dommages indirects

- Habitat

Les dommages indirects pris en compte sont l'évaluation de la population touchée, le coût d'évacuation et le coût de séchage.

- o Evaluation de la population touchée:  $Pop\ touchée * Coût\ unitaire\ intervention * Durée\ en\ jours$ , avec coût unitaire intervention supposé égal à 2,14 francs/jours/personne
- o Coût évacuation (FHRC) =  $logements\ touchés * coût\ unitaire\ du\ relogement * durée\ en\ mois$ , avec coût unitaire : 70 francs/m<sup>2</sup>/mois pour 40m<sup>2</sup>
- o Coût séchage (FHRC) =  $logements\ touchés * coût\ unitaire\ du\ séchage$ , avec coût unitaire : 1 000 francs/logement

- Activités économiques

Un ratio dommages directs/indirects est intégré. Il est établi auprès des 60 entreprises, ajusté et comparé à ceux du FHRC.

- Surface agricole et équipements sportifs

Coût nettoyage :  $surface\ inondée * coût\ unitaire\ de\ nettoyage$ .

Coût de retard :  $aires\ inondées * coût\ unitaire\ de\ retard * nombre\ de\ jours$ .

Prix de l'utilisation des équipements non perçus par les établissements:  $aires\ inondées * valeur\ amortissement * durée\ en\ mois$ .

- Equipements administratifs et bureaux

D'après FHRC, tous les coûts sont estimés par des coûts directs.

- Etablissements d'enseignement

Les dommages indirects considérés sont les coûts de nettoyage et de location de locaux de remplacement.

- Etablissements de santé

Damage =  $surface\ inondée * enjeu\ de\ remplacement\ mensuel * maximum\ (1\ mois; (durée\ totale\ de\ submersion\ par\ jour + 7) / 30)$ .

Résultats

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 24 : Montant des dommages (en millions de francs)

Type de crue	Habitat		Activités <48 heures		Activités >48 heures	
	Dommages directs	Dommages Indirects	Dommages directs	Dommages Indirects	Dommages directs	Dommages Indirects
1983	323,53	36,11	67,42	195,46	849,15	483,85
1993	324,46	40,13	800,81	305,94	1 116,99	669,17

1970	393,97	48,32	1 139,24	376,96	1 586,43	894,75
1955	1 052,02	116,24	2 522,43	760,35	3 471,35	1 996,99
1910	3 600,37	442,20	10 376,98	3 468,43	14 327,63	8 443,61
200	8 331,13	927,33	25 347,37	8 602,89	34 793,53	21 446,30
500	10 481,94	1 147,21	33 429,74	11 110,74	45 964,72	27 580,25

Type de crue	Equipement		Agriculture	
	Dommages directs	Dommages Indirects	Dommages directs	Dommages Indirects
1983	459,95	137,04	108,70	4,46
1993	461,18	144,16	121,22	6,59
1970	719,46	192,60	141,90	6,59
1955	1 259,87	279,64	164,02	6,78
1910	2 731,48	1 007,75	219,47	11,69
200	4 474,74	1 447,86	239,44	11,11
500	5 546,70	2 199,38	250,88	11,83

Tableau 25 : Dommage moyen associé aux transports routiers

Scénario	Heures perdues	Durée moyenne de submersion		Dommage moyen en MF
		Nb jours ouvrés	Nb jours fériés	
Crue 1955 avec barrages	43 000	3	1	61,14
Crue 1955 sans barrages	133 000	5	1	297,17
Crue 1910 avec barrages	236 000	6	2	671,13
Crue 1910 sans barrages	569 000	10	2	2 542,72

### 3. Orb

#### Présentation

Titre de l'étude : Etude socio-économique des inondations sur le bassin versant de l'Orb.

Programme Européen INTERREG III C Sud Europe INUNDA

Lieu / étendue du territoire : Delta de l'Orb

Ouvrage(s) concerné(s) : Les aménagements retenus correspondent au projet « dit Béziers-léger ». Ce projet consiste à créer des digues de protection rapprochée pour les communes de Portiragnes, Sauvian, Sérignan, Valras-Plage et Villeneuve-lès-Béziers. Ces protections rapprochées ont pour objectif de protéger les zones urbanisées contre les crues de l'Orb jusqu'à la crue centennale.

Maître d'ouvrage : CG 34

Date : 2007

Prestataire : CEMAGREF de Montpellier et BCEOM

Niveau d'échelle : Meso

Coût : 32 000 euros

#### Objectif

Cette étude est mise en place dans le cadre d'une approche méthodologique.

#### Evaluation des coûts

Coûts d'investissement : 31,91 M€.

Entretien : 0,96 M€ par an avec un taux d'entretien annualisé de 3%.

Hypothèse : durée de vie : 50 ans.

#### Evaluation des dommages

- Habitat

Les fonctions de dommage de JP Torterotot ont été adaptées et actualisées.

#### Hypothèses :

- § les bâtis appartiennent tous au même type ;
- § Les données utilisées par JP Torterotot ont été actualisées en utilisant l'indice du coût de la construction (ICC) entre 1993 et 2005, tel que disponible sur le site de l'INSEE ;
- § La courbe de dommages constituée par JP Torterotot a été établie pour un étage-type. Les planchers des bâtis sont supposés en moyenne surélevés de telle façon qu'ils étaient affectés par l'aléa comme si celui-ci était d'une classe inférieure ;
- § Pour calculer les dommages supportés par un élément de surface il a été considéré qu'il était touché par la hauteur d'eau au milieu des bornes de la classe d'aléa ;
- § Dans le cas particulier où le paramètre d'aléa est 1, la moitié de la valeur d'endommagement de ce que donnent les courbes de Torterotot pour la hauteur 0 cm est affectée;
- § Un paramètre d'occupation effective des premiers étages a été utilisé, et appliqué tel quel aux courbes de dommages. Ainsi, si 50% des rez-de-chaussée sont supposés effectivement habités, les surfaces bâties ne supportent que 50% des dommages issus des courbes de Torterotot. Les activités économiques qui pourraient se trouver

en rez-de-chaussée sont traitées à part. Tous les 1er et 2<sup>ème</sup> étages sont supposés être occupés et donc compris dans notre calcul.

Tableau 26 : Les dommages en fonction des hauteurs d'eau.

Code	h min (cm)	h max (cm)	Coût brut €/m <sup>2</sup>	Coût net €/m <sup>2</sup>
0	0	0	100	25
1	0	50	112	56
2	50	100	136	68
3	100	150	160	80
4	150	200	184	92
5	200	250	208	104
6	250	300	232	116
7	300	350	256	128
8	350	400	280	140
9	400	450	304	152
10	450	500	328	164
11	500	550	352	176

- Dommages agricoles

Les inondations ne dépassent que rarement une semaine, ce qui permet de construire des scénarios pour des durées de submersion courtes. Les faibles hauteurs d'eau (inférieures à 0,5 m) ne sont pas distinguables selon les classes de hauteurs d'eau.

Hypothèses :

- § Les dommages se manifestent en perte d'exploitation (produit brut) ;
- § Les dommages agricoles des zones viticoles et les dommages agricoles des autres zones cultivées sont distingués ;
- § Le degré des dégâts dépend du moment de la période de crue et du cycle cultural ;
- § Pendant les périodes de présence de cultures et hors périodes de récolte, les dégâts sont moindres mais non nuls. Une relation linéaire entre la proximité de la période de récolte et les dégâts est supposée ;
- § Les dommages hors vignes sont composés selon un ratio d'occupation du sol ;
- § Pour les dommages agricoles hors vignes, la hauteur d'eau joue également : lorsque les vergers sont touchés au delà de 1,5 m pendant la période de récolte, toute la récolte est perdue ;
- § Les rendements suivants sont utilisés : blé dur : 3,5 T/ha, maïs : 3,5T/ha, tournesol : 2T/ha ; pour la vigne : pour le scénario de base : 50% à 50hl/ha et 50% à 90hl/ha ; pour le scénario de Sérignan 90hl/ha (après entretien). ;
- § Le scénario le plus probable est supposé être celui d'une occurrence de crue en septembre.

Tableau 27 : Dommages unitaires agricoles pour une crue en septembre avec une occupation du sol agricole dans l'Hérault en 1996.

Culture	Vigne (rendement de 50 hl et 90 hl, prix de 73€/hl)	Autre occupation du sol	
		H<1,5m	H>1,5m
Dommages	5122 €/ha	88€/ha	3295€/ha

Tableau 28 : Dommages unitaires agricoles pour une crue en septembre avec une occupation du sol agricole dans Béziers, Portiragnes et Sérignan en 2006.

Culture	Vigne (rendement de 50 hl et 90 hl, prix de 73€/hl)	Autre occupation du sol	
		H<1,5m	H>1,5m
Dommages	6584 €/ha	159€/ha	418€/ha

- Réseaux routiers

Tableau 29 : Dommages aux réseaux routiers, bilan post-crue janvier 1996.

	Linéaire inondé (km)	Dommages liés à l'inondation de l'Orb (k€)	Dommages liés au km de route (k€)
Routes nationales	2,4	3	Non représentatif
Routes départementales	27,8	504	18 100
Routes communales			
Béziers	24	865	36 000
Villeneuve-lès-Béziers	17	80	4 750
Sauvian	9	91	10 200
Sérignan	61	122	2 000
Valras	10	61	6 500
Portiragnes	13	61	4 600
Total routes communales	134	1 280	9 100
TOTAL		1 790	

- Les activités économiques

Les données de l'étude australienne du Queensland Government – Department of Natural Resources and Mines (2002) ont été utilisées.

Ces données ont été ajustées pour prendre en compte :

- La différence du coût de la vie en Australie et en France (facteur 1,22) ;
- Le taux de change (1\$ = 0,60 €) ;
- L'inflation : même facteur d'ajustement que pour le bâti, à savoir l'indice du coût de la construction (ICC) entre 1993 et 2005, tel que disponible sur le site de l'INSEE : ICC= 1,2047.

Comme pour le bâti, les planchers des bâtis sont supposés en moyenne surélevés de telle façon qu'ils étaient affectés par l'aléa comme si celui-ci était d'une classe inférieure. L'ensemble des dommages d'une classe ont donc été décalé (par rapport à ce qui avait été indiqué dans l'étude australienne).

Tableau 30 : Dommages aux petites activités économiques.

Classes hauteur d'eau (cm)	1. Petites activités (<200 m <sup>2</sup> ) Classes de vulnérabilité				
	1	2	3	4	5
0 - 0,5	972	1 944	3 889	7 778	15 555
0,5 - 1	1 944	3 889	7 778	15 555	31 110
1 - 1,5	4 862	9 724	19 448	38 895	77 790
1,5 - 2	7 292	14 584	29 168	58 336	116 671
2 - 2,5	8 103	16 205	32 410	64 820	129 641
>2,5	8 588	17 176	34 353	68 706	137 411

Tableau 31 : Dommages aux grandes activités économiques.

Classes hauteur d'eau (cm)	1. Grandes activités (<200 m <sup>2</sup> ) Classes de vulnérabilité				
	1	2	3	4	5
0 - 0,5	3	6	12	25	49
0,5 - 1	6	12	25	49	99
1 - 1,5	34	69	138	276	551
1,5 - 2	72	143	286	572	1 144
2 - 2,5	117	233	466	932	1 865
>2,5	140	281	562	1 123	2 246

#### - Les campings

Une enquête a été effectuée auprès des gestionnaires des campings concernés par le risque inondation. Treize gestionnaires ont répondu, ce qui correspond à un taux de réponse de 62%.

La modélisation des dommages, autres que ceux des surfaces bâties ou des activités recensées, a été basée sur :

- Une modélisation de la fonction de dommages des éléments de location par les campings (emplacement nu, mobil home et chalet) ;
- Une modélisation de la relation entre les pertes d'exploitation et l'endommagement d'un élément de location.

La perte d'exploitation résulte également du moment où a lieu l'évènement. En effet, le camping n'a pas la même charge selon les différentes périodes de l'année. Comme pour l'agriculture, le scénario choisi est celui de la survenue d'une crue en septembre (aléa 1 :  $0 < h < 50$  ; aléa 2 :  $50 < h < 100$  et aléa 3 :  $h > 100$ ).

Tableau 32 : Dommages aux campings en milliers d'euros.

Aléa	1			2			3		
	Mobil-home	Chalet	Tente	Mobil-home	Chalet	Tente	Mobil-home	Chalet	Tente
Septembre	74	8 147	53	8 147	12 294	1 105	12 294	12 294	2 658

#### - Etablissements publics

Les établissements publics et les ERP ont été traités comme les bâtis. Il n'y a donc pas de résultats séparés à ce type d'enjeu.

## Résultats

Les résultats obtenus grâce aux calculs du dommage moyen et de la VAN sont les suivants :

	Valeur
CMA Etat actuel	13 768 371 €
CMA Etat futur	9 769 962 €
DEMA	3 998 409 €

D'où une VAN de 36 005 230 €, le projet est donc économiquement pertinent.

## 4. Oise Aisne

### Présentation

Lieu / étendue du territoire : Bassin Oise Aisne

Maître d'ouvrage : Entente Oise Aisne

Prestataire : STRATEGIS

Date : 2006

Niveau d'échelle : Macro

Coût : environ 60 000 € pour l'approche économique (coût total : 582 247 ,36 €)

### Objectif

Outil d'aide à la concertation et à la communication (principalement en interne).

### Evaluation des dommages

#### - Habitat

Le mode de calcul des dommages à l'habitat s'appuie sur les courbes d'endommagement et sur les formules de calcul utilisées dans ALPHEE (logiciel de l'étude Seine, 1998) et l'Etude Territoire Rhône.

Les calculs utilisent deux courbes d'endommagement, une pour les logements avec sous-sol, l'autre pour les logements sans sous-sol, en établissant une hauteur moyenne de plancher en rez-de-chaussée pour chaque type de bâtiment. Seuls les sous-sols aménagés sont considérés dans les calculs.

Méthode 1 : Utilisation de l'occupation du sol.

Ainsi pour calculer le dommage direct à l'habitat pour une maille  $i$  située dans une zone d'habitat individuel, la formule générale suivante est utilisée :

$D(\text{maille, habitat}) = ((2500 * \text{CES} * W_m^2 * \text{TD\_SSOL} * \text{Coef\_Qualité}) * \% \text{SSOL}) + ((2500 * \text{CES} * W_m^2 * \text{TD\_SansSOL} * \text{Coef\_Qualité}) * \% \text{SansSOL})$

- D : Dommage direct à l'habitat pour la maille  $i$  ;
- 2500 : Superficie d'une maille en  $m^2$  ( $50 * 50$ ) ;
- CES : Coefficient d'Emprise au Sol par type d'occupation du sol. Ce coefficient peut être celui utilisé dans le calcul de la vulnérabilité ou bien affiné par le croisement d'une couche bâti avec l'occupation du sol. Dans ce cas, le CES peut être rapporté à la zone d'occupation du sol, avec un CES unique à chaque polygone d'OS ;
- $VV_{m^2}$  : Valeur Vénale du  $m^2$  dans la commune pour le type d'OS considéré : habitat individuel ou collectif ;
- TD\_SSOL : Taux d'endommagement pour les logements avec sous-sol. C'est une fonction de la hauteur d'eau et de la hauteur moyenne du rez-de-chaussée pour ce type de logement ;
- $\text{TD\_SSOL} = f(\text{HE}, \text{HRDC})$ , où HE= Hauteur d'eau, HRDC=Hauteur moyenne du rez-de-chaussée dans la commune ou dans la classe d'OS ;
- TD\_SansSOL : Taux d'endommagement pour les logements sans sous-sol. C'est une fonction de la hauteur d'eau et de la hauteur moyenne du rez-de-chaussée pour ce type de logement.  $\text{TD\_SansSOL} = f(\text{HE}, \text{HRDC})$ , où HE= Hauteur d'eau,

HRDC=Hauteur moyenne du rez-de-chaussée dans la commune ou dans la classe d'OS ;

- %SSOL : Pourcentage de logements avec sous-sol, utilisé pour l'habitat individuel ;
- %SansSSOL= pourcentage de logement sans sous-sol, utilisé pour l'habitat individuel ;
- Coef\_Qualité=Coefficient pondérateur fonction de la qualité du bâti.

D'après les données d'enquêtes, les proportions de logement avec sous-sol et logements sans sous-sol sont :

- %SSOL=24% ;
- %Sans\_SSOL=76% ;
- L'altitude moyenne du rez-de-chaussée des logements avec sous-sol (aménagés et non aménagés) est 1.35 m ;
- L'altitude moyenne des logements avec un sous-sol aménagé est 1.5 m ;
- La valeur modale de l'altitude du rez-de-chaussée des logements avec un sous-sol aménagé est 2 m ;
- 20 logements individuels avec un sous-sol aménagé sur 30 ont une altitude de rez-de-chaussée supérieure ou égale à 1.5 m ;
- L'altitude moyenne du rez-de-chaussée des logements individuels sans sous-sol est 0.14 m.

Les logements collectifs sont considérés sans sous-sol. La valeur immobilière des sous-sols, quand ils sont présents, est, en effet, considérée comme négligeable. L'altitude moyenne du rez-de-chaussée pour l'habitat collectif est 0,1 m.

Les coefficients d'endommagement sont établis par la DREIF pour les logements avec sous-sol aménagé et pour les logements sans sous-sols. Les logements avec un sous-sol non aménagés sont assimilés à des logements sans sous-sols.

Tableau 33 : Dommages des logements avec sous-sol.

Hauteur / plancher	-2,7	0	0,5	1	2	3	3,5
% endommagement	1	14,7	21,1	26,5	37,3	48,1	53,5

Tableau 34 : Dommages des logements sans sous sol et avec sous-sol non aménagé.

Hauteur / plancher	-0,3	0	0,5	1	2	3	3,5
% endommagement	1	4,8	11	17,3	29,8	42,3	48,6

Les coefficients d'endommagement sont applicables à la valeur immobilière des logements exposés (y compris sous-sols lorsque c'est le cas).

Méthode 2 : Utilisation d'une couche « Bâti ».

Dans l'hypothèse où une couche bâti, exhaustive sur l'ensemble de la zone d'étude est disponible, il est possible de s'affranchir en partie, d'après les auteurs, de l'occupation du sol. Cependant, deux éléments sont nécessaires pour pouvoir réaliser ce type de calcul : le type de bâtiment (habitat collectif ou habitat individuel) et la valeur vénale.

Les mêmes courbes peuvent être utilisées que celles de la méthode 1. La couche bâti est utilisée, les courbes suivantes sont établies.

Pour l'habitat collectif :

$$D(\text{maille}_i, \text{bâtiment}_i) = \text{surface}_{\text{bâtiment}} * W_{\text{m}^2} * \text{TD}_{\text{SansSol}} * \text{coef}_{\text{qualité}}$$

Pour l'habitat individuel :

$$D(\text{maille}_i, \text{bâtiment}_i) = (\text{surface}_{\text{bâtiment}} * W_{\text{m}^2} * \text{TD}_{\text{SansSSol}} * \text{coef}_{\text{qualité}}) * 0,76 + 0,24 * (\text{surface}_{\text{bâtiment}} * W_{\text{m}^2} * \text{TD}_{\text{SSol}} * \text{coef}_{\text{qualité}})$$

#### - Activités économiques

Le calcul des dommages aux activités reprend les courbes d'endommagement définies par l'équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature en novembre 1997.

Les résultats des calculs de dommages se ventilent en quatre catégories au maximum.

- Les dommages aux constructions ;
- Les dommages aux matériels (outil de production) ;
- Les dommages aux stocks ;
- La perte d'exploitation.

Toutes les données nécessaires ne sont pas disponibles (chiffre d'affaires de l'entreprise, valeur des constructions, valeur de l'outil de production, valeur des stocks). Le calcul des dommages sera donc en fonction de la hauteur d'eau, de la durée de submersion et du délai d'intervention après le retrait des eaux.

Le calcul des dommages pour une inondation de 1m, de durée 3 jours avec un temps d'intervention après le retrait total des eaux inférieur à 48 heures sera donc le suivant :

- Dommages à l'outil de production et aux stocks : Valeur du matériel\*0.5 + valeur des stocks\*1 ;
- Le dommage aux matériels est supérieur à 50% donc la perte d'exploitation = CA/12 x (D+3 mois) x 0,5 ;
- Le dommage aux constructions est équivalent à 5% des dommages directs.

Ce calcul des dommages avec taux d'endommagement est effectué pour les industries agricoles et alimentaires, les industries des biens de consommation, les industries des biens d'équipements, les industries de biens intermédiaires, l'énergie, la construction, les commerces, les transports, les activités financières, les activités immobilières, les services aux entreprises, les services aux particuliers, les services éducation-santé-action sociale.

#### - Activités agricoles

L'étude BRL de 2001 et l'étude du Plan Rhône de 2003 sont prises en compte.

Cinq critères de vulnérabilité sont retenus :

1. La saison de l'inondation ;
2. La durée de submersion maximale ;
3. Hauteur de submersion maximale ;
4. Fréquence de submersion maximale ;
5. Vitesse des eaux maximales.

Le calcul général théorique pour une cellule en grande culture serait donc, dans le cas du calcul le plus précis.

$$D = 0.25 \cdot PCH \cdot TDCH(\text{Mois, Durée}) \cdot \text{rendement/ha} \cdot PU + 0.25 \cdot PCP \cdot TDCP(\text{Mois, Durée}) \cdot \text{rendement/ha} \cdot PU + 0.25 \cdot TDPMG(\text{Mois, Durée}) \cdot \text{rendement/ha} \cdot PU$$

Avec :

- D=dommage ;
- 0.25=surface de la cellule : 50m\*50m = 2500m<sup>2</sup> soit 0,25ha ;
- PCH=pourcentage départemental de céréales d'hiver ;
- TDCH(Mois, Durée)=Taux de dommage aux céréales d'hiver en fonction du mois et de la durée ;
- Rendement/ha=rendement en hectare pour le type de culture en quintal ;
- PU=Prix unitaire au quintal ;
- PCP=Pourcentage de céréales de printemps ;
- TDCP(Mois,Durée)= taux de dommage aux céréales de printemps ;
- PMG=Pourcentage de Maïs grain ;
- TDPMG(Mois,Durée)=taux de dommage au maïs grain.

- Population touchée

Le calcul de la population touchée pour une cellule sera  $Dm^2 \cdot 2500$  avec  $Dm^2$ =densité au mètre carré.

- Nombre d'équipements touchés

Les données concernant les ERP sont stockées dans la même table que les équipements, issue de la fusion des données d'enquêtes et de la photo-interprétation ponctuelle TTI.

Les équipements concernés sont :

- Equipement administratif ;
- Equipement de santé ;
- Equipement d'enseignement ;
- Equipement culturel ;
- Equipement sportif et de loisir.

- Longueur du réseau routier touché

La source de données pour le réseau routier est la BD Carto IGN. Les longueurs seront calculées à la commune, puis agrégées aux niveaux supérieurs.

Tableau 35 : Récapitulatif des enjeux et des dommages.

Enjeu	Unité stockée dans la BD	Géométrie d'entrée	Dommage calculé	Données
Population	Habitants/m <sup>2</sup> soit habitant/cellule	Zonale	Nombres d'habitants touchés	RGP 99, Zone urbaine, BD Carto, îlots INSEE
Agriculture	Surface soit 1 cellule de 2500 m <sup>2</sup>	Zonale	Surface agricole	TTI
			Perte de récolte en euros	Ratios départementaux cultures hivers, printemps, rendements ha, prix unitaire quintal

Habitat	Surface soit 1 cellule de 2500 m <sup>2</sup> (6 classes)	Zonale	Coût en euros	TTI, valeur vénale du m <sup>2</sup> par commune ou département
Entreprises	Entreprises	Point	Coût en euros	CARTEGIE, chiffre d'affaires, nombre de salariés, classe NES 114 de l'entreprise
Equipements	Equipements	Point	Nombre d'équipements touchés	TTI, Enquête SIEE
ERP	ERP	Point	Nombre d'équipements touchés (fonctions)	TTI, Enquête SIEE
Routes	Mètre : longueur de linéaire par cellule	Polylignes	Nombre de km touchés	BD Carto
Ligne haute tension	Mètre : longueur de linéaire par cellule	Polylignes	Nombre de km touchés	BD Carto

## Résultats

Cette étude a permis la mise en place de trois logiciels. Les dommages sont alors obtenus dans les cas avec et sans projet.

## 5. Rhône

### Présentation

Titre de l'étude : Etude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône

Maître d'ouvrage : Territoire Rhône

Prestataire : SIEE, ASca, EDATER, TTI

Date : 2003

Niveau d'échelle : Macro

### Objectif

L'étude a été commandée par l'Etat suite aux inondations de 1993 et 1994 pour réfléchir à une définition d'une stratégie globale de prévention des inondations.

### Evaluation des dommages

- Habitat urbain dense :
  - o Si hauteur d'eau < 2,5m : Dommages A= (surface urbain dense -15% de voirie + y% de commerce) \* prix au m<sup>2</sup> \* % casier inondé ;
  - o Si hauteur d'eau >= 2,5m : Dommages B= Dommage A + (surface urbain dense -15% de voirie) \* prix au m<sup>2</sup> \* % casier inondé \* % endommagement

- Habitat pavillonnaire

Hypothèse : 6,4 pavillons à l'hectare pour la zone pavillonnaire dense, 2,4 pavillons à l'hectare pour la zone pavillonnaire diffus.

Dommage = Nb pavillons/ha \* surface moyenne en m<sup>2</sup> du pavillon \* prix au m<sup>2</sup> \* % casier inondé \* % endommagement.

Avec la surface moyenne en m<sup>2</sup> du pavillon définie à dire d'experts ; le prix au m<sup>2</sup> défini par une enquête du Nouvel Observateur 2002 ; le pourcentage de casiers inondés donné pour une crue par la CNR et le pourcentage d'endommagement tiré de l'étude Grands Lac de Seine.

- Activités économiques

Les fonctions de dommage établies dans le cadre de l'étude sur la Loire sont prises en compte.

Dommage= Nombre employés \* (valeur du matériel par salarié \* % endommagement matériel) + valeur stock par salarié \* % endommagement stocks) \* (1 + % endommagement construction) \* % inondation casier.

Les valeurs d'endommagement sont issues d'une expertise de Bruno Ledoux.

- Activités agricoles

Une matrice de dommages unitaires est élaborée par grand type de production agricole donnant pour chaque événement hydraulique des coefficients de dommages unitaires avec la prise en compte de descripteurs agricoles (vergers, vignes, cultures d'hiver, cultures de printemps, cultures à haute valeur ajoutée, serres tunnel et serre verre).

La matrice prend en compte, en fonction des périodes, trois vitesses du courant (<1m.s-1, entre 1m.s-1 et 2m.s-1 et >2m.s-1) et trois hauteurs d'eau (<0,5m, entre 0,5 et 1,5m et >1,5m).

Le calcul des coefficients de dommages unitaires par ha (ou par siège) pour chaque classe de la matrice repose sur trois sources :

- Les travaux du Plan Loire ;
- La consultation d'experts locaux ;
- Les références technico-économiques disponibles sur les différentes productions de la vallée du Rhône.

Si une récolte est totalement perdue, le coût du dommage correspond à :

- Soit au produit brut à l'ha de la production considérée quand les frais de récolte ont été engagés ;
- Soit au produit brut à l'ha de la production considérée moins les frais de récolte si ceux-ci n'ont pas été engagés ;
- Soit à la marge brute à l'ha de la production considérée auquel se rajoute le coût lié au semis quand aucun frais n'a été engagé autre que ceux liés au semis et qu'il est impossible de réimplanter la culture.

Des incertitudes sur les rendements et sur les prix de vente sont prises en compte. Par contre, cette incertitude n'est pas considérée pour les coefficients de dommage.

Les matrices de dommage sont réalisées pour les vignes, les vergers, les grandes cultures d'hiver (blé dur, blé tendre), de printemps (maïs, riz, tournesol), cultures à haute valeur ajoutée (hors serre), serres tunnel, serres verre et sièges d'exploitation.

## Résultats

Les principaux résultats sont les suivants.

Tableau 36 : Montant des dommages selon trois types de crues.

	Total Habitat	Total Activités	Total Agriculture « Mai »	Total global
Crue moyenne	114 M€	94 M€	298 M€	505 M€
Crue forte	630 M€	504 M€	532 M€	1 665 M€
Crue très forte	1 860 M€	1 589 M€	804 M€	4 253 M€

Tableau 37 : Montant des dommages agricoles selon la période considérée.

Crue	Septembre	Octobre	Novembre à Mars	Mars à Mai	Mai
Moyenne	165 M€	157 M€	132 M€	219 M€	298 M€
Forte	259 M€	242 M€	191 M€	380 M€	531 M€
Très forte	411 M€	388 M€	308 M€	589 M€	804 M€

L'analyse des dommages par type de culture montre que les dommages subis par la production de vignes et vergers représentent entre 75% et 90% des dommages agricoles.

## 6. Charleville Mézières

### Présentation

Titre de l'étude : Bénéfices économiques de la protection contre le risque d'inondation

Lieu / étendue du territoire : Charleville Mézières (58 000 habitants) et Warcq (1 480 habitants), situées dans le bassin de la Meuse

Ouvrage(s) concerné(s) : Deux types d'aménagements :

- Les zones de ralentissement dynamique des crues (ZRDC) dans le lit majeur et des aménagements localisés sur des sites particulièrement sensibles
- Les aménagements (ou protections) localisés peuvent se décliner selon la typologie suivante: coupure de méandre, modifications des ouvrages hydrauliques (abaissement de seuil de barrage, remplacement des barrages à aiguilles...), endiguement, suppression des obstacles aux écoulements

Maître d'ouvrage : D4E

Prestataire : BCEOM

Date : 2005

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Approche méthodologique.

### Méthodes et Résultats

La méthode d'évaluation contingente repose sur une enquête auprès d'un échantillon représentatif d'habitants visant à interroger les personnes enquêtées sur leur consentement à payer (ou éventuellement à recevoir) pour bénéficier d'un bien ou d'un service environnemental. Cinq cents personnes résidant en zone rouge (78,6%) et en zone bleue (21,4%) du PPRI (c'est-à-dire en zone inondable) ont été interrogées à leur domicile par quatre enquêteurs. Les entretiens se sont déroulés du 6 avril au 4 mai 2005. Le questionnaire d'une durée moyenne de 40 minutes se compose de quatre parties :

- La première partie est consacrée à la situation des personnes interrogées par rapport au risque d'inondation : situation du logement, inondations subies (nombre, dommages causés, notamment pour l'inondation de 1995), travaux effectués suite aux inondations ;
- La seconde partie vise à déterminer l'évaluation du risque d'inondation par les personnes interrogées ;
- La troisième partie présente les deux scénarios de valorisation ;
- La dernière partie du questionnaire regroupe les questions socio-démographiques (sexe, âge, profession, revenu, ...).

Deux scénarios fictifs ont été proposés aux personnes interrogées :

- Le scénario fictif suppose que les personnes inondables devraient librement choisir de souscrire ou non à un contrat d'assurance inondation, qui constituerait leur seul système d'indemnisation pour les sinistres liés aux inondations. Pour les autres types de sinistres, leur assurance actuelle restera valable. L'assurance spécifique inondation permettrait d'être totalement dédommagé des coûts matériels, du préjudice financier, et d'un éventuel préjudice physique et moral. « Prendriez-vous

une telle assurance ? ». La somme accordée par les riverains pour s'assurer représente le montant financier qu'ils accordent à tous les dommages qu'ils subissent. Cette somme n'est pas exactement l'estimation des bénéfices qu'ils accordent pour ne plus être inondés, mais une approximation. En effet, dans le scénario proposé, les habitants sont dédommagés, mais pas moins exposés au risque.

- Les pouvoirs publics pourraient investir dans des travaux de protection destinés à diminuer le risque d'inondation par la crue centennale, type 1995. Ces travaux ne permettraient pas d'éviter les inondations, mais ils limiteraient tout de même leur impact, en réduisant la hauteur d'eau et les vitesses de courant à des valeurs compatibles avec la sécurité des personnes. Ils ne seraient engagés que si la population concernée accepte d'y contribuer financièrement. « Est-ce que vous préférez cette solution à celle d'une assurance spécifique compensant tous les dommages quelle que soit l'importance de l'inondation ? » Si les personnes interrogées indiquent préférer cette solution ou répondent « je ne sais pas », la question suivante leur est alors posée : « Combien accepteriez-vous de payer annuellement pour financer ces travaux, en complément de votre système d'indemnisation actuel ? » La somme accordée par les riverains pour diminuer leur risque représente le montant financier qu'ils accordent à la baisse du risque, compte tenu de la protection dont ils bénéficient par le système Catnat. Cette somme est une estimation des bénéfices qu'ils accordent à la baisse du risque inondation. La quantification de la baisse du risque est inconnue dans ce scénario.

Les différents modèles économétriques proposés fournissent des consentements à payer moyens similaires, ce qui traduit la robustesse des résultats à la modélisation retenue.

Tableau 38 : Calcul des bénéfices actualisés (CAP moyen par ménage).

	Scénario 1	Scénario 2
Valeur annuelle	36 €	35,7 €
Actualisation sur 15 ans	436,3 €	432,6 €
Actualisation sur 30 ans	658,5 €	653 €

Tableau 39 : Calcul des bénéfices actualisés et agrégés.

	Scénario 1	Scénario 2
Valeur annuelle	54 000 €	53 600 €
Actualisation sur 15 ans	654 500 €	648 900 €
Actualisation sur 30 ans	987 700 €	979 500 €

Dans le premier scénario, sur l'ensemble de l'échantillon, le consentement à payer moyen est estimé à 36 € par ménage et par an, avec un intervalle de confiance de [30,2 ; 43,1]. Le dommage actualisé est estimé à 658,50 € par ménage sur 30 ans, soit une valeur agrégée proche de 1 million d'euros.

Dans le second scénario, il était proposé aux personnes interrogées de participer au financement de travaux de protection permettant de réduire le risque d'inondation. Sur l'ensemble de l'échantillon, le consentement à payer moyen est estimé à 35,7 € par ménage et

par an, avec un intervalle de confiance de [23,0 ; 48,4]. Le dommage actualisé est estimé à 653 € par ménage sur 30 ans, soit une valeur agrégée proche de 1 million d'euros.

Il faut rappeler que les personnes interrogées résidaient toutes en zone inondable (au sens du PPRi) : les résultats ne sont donc pas nécessairement généralisables à la ville de Charleville-Mézières.

La méthode des prix hédoniques : pour obtenir la valeur accordée à un bien environnemental, il est nécessaire d'estimer préalablement un modèle hédonique, reliant le prix de vente d'un logement à un ensemble de caractéristiques du bien (nombre de pièces, surface habitable, situation géographique, situation en zone inondable ...). L'objectif est de déterminer l'impact de la localisation en zone inondable sur le prix des logements. La dévalorisation éventuelle des logements observée en zone inondable, par rapport au reste de la commune, traduit donc ce que les personnes sont prêtes à payer pour se localiser hors de la zone de risque et donc ne plus le subir (ou très indirectement). Cette valeur est une estimation des bénéfices qu'ils accordent à la disparition du risque inondation. Le fait qu'actuellement le système catnat compense une partie des dommages est pris en compte par le marché immobilier et donc par les valeurs produites par la méthode des prix hédoniques. 388 observations sont utilisées.

Tableau 40 : La méthode des prix hédoniques.

	Zone non inondable		Zone inondable	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Montant de la transaction	85 467	54 447	75 280	45 227
Age de l'habitation	74,4	50,2	70,2	29,2
Surface habitable	103,8	47,6	99,3	46,5
Nombre de pièces principales	4,63	2,06	4,43	2,02
Nombre de salles de bain	1,22	0,59	1,13	0,55
Garage (0/1)	0,34	0,47	0,44	0,50
Cave / cellier (0/1)	0,9	0,3	0,86	0,35
Grenier/comble (0/1)	0,51	0,5	0,48	0,5
Terrasse (0/1)	0,19	0,39	0,18	0,38
Exposition axe de circulation	0,28	0,45	0,19	0,39
Vue sur la Meuse (0/1)	0	0	0,25	0,43
Distance sur la Meuse	560,8	175,6	116,3	75,4
Distance Monument historique	616,5	242,7	318,6	92
Distance Parc urbain	250,1	154,6	380,8	82,4
Distance Arrêt de bus	119,4	87,8	207,4	101,6
Distance Etablissement scolaire	145,8	70,6	547,8	130,8
Distance boulangerie	161,6	92,5	209,1	123,5
Distance Place Ducale	617,8	243,1	1099,5	81,6
Distance à la gare routière	601,3	218	1266,1	80,1
Distance gare ferrovière	912,5	350,9	522,9	106,6
Effectif	185		203	

L'impact de la localisation en zone inondable sur le prix des logements est analysé sur la période 1986-2004, puis en distinguant la période précédant la crue (1986-1995) de la période suivant l'inondation (1996-2004). Les résultats obtenus à partir des modèles économétriques usuels sont comparés aux résultats obtenus à partir des modèles économétriques spatiaux, en examinant différentes formes fonctionnelles.

Si l'on considère l'ensemble de la période 1986-2004, la différence de prix entre logements situés en zone inondable et hors de cette zone est estimée à -12 000 €, soit 14 % du prix de vente d'un logement situé hors de la zone inondable. Toutefois, l'impact de la localisation en zone inondable sur le prix des logements varie au cours de la période étudiée. Dans la période qui précède la crue de 1995, aucun impact n'est mis en évidence par l'analyse économétrique (ce qui ne signifie pas nécessairement que cet impact est inexistant). Dans la période 1996-2004 qui suit la crue, l'impact de la localisation en zone inondable est significativement non nul. Dans la période suivant la crue, cette localisation devient une caractéristique des logements prise en compte par les acheteurs de logement. La différence de prix moyenne sur la période 1996-2004 entre logements situés en zone inondable et hors de la zone est de 20 000 €, ce qui représente environ 21,5 % du prix de vente d'un logement situé en zone non inondable. Cette valeur représente la valeur anticipée capitalisée des dommages causés par la localisation d'un logement en zone inondable. Elle représente la valeur accordée à la disparition totale du risque pour les propriétés situées en zone inondable. Elle intègre l'existence d'une indemnisation catastrophe naturelle qui diminue la valeur associée à la baisse du risque.

## 7. Charente

### Présentation

Titre de l'étude : Rapport de mission. Etude Charente

Lieu / étendue du territoire : Charente entre Saintes et Rochefort

Maître d'ouvrage : EPTB Charente

Prestataire : SOGREAH

Date : 2004

Niveau d'échelle : Macro

Coût : 74 052 pour l'étude globale (dont une partie est consacrée à la partie économique)

### Méthodes et résultats

Les scénarios retenus sont les suivants :

Tableau 41 : Les scénarios retenus.

	Description	Stratégie
2	Impact d'une augmentation de 5% du débit amont	Statut quo
6	Création de 3 chenaux entre Saintes et St Savinien	Amélioration
7	Curage entre Saintes et St Savinien sur 0,5m de profondeur	Amélioration
8	Suppression pont et remblais A10 + chaussée Taillebourg	Amélioration
9	N°8 + suppression Palissy, Saintonge, Pont SNCF et routier de Lucérat avec tous leurs remblais	Amélioration
10	Création de 10 chenaux entre Saintes et St Savinien	Gain maxi
11	Aménagement quai Boberie et ouverture pont Palissy	Gain maxi
12	Solution étude 1999/2000 : recalibrage sur largeur de 100m du lit majeur et de 3m de haut + canal Moussard	Gain maxi
15	Rachat des maisons (et commerces) les plus touchés par les crues	Mesures connexes
16	Politique de gestion des flux amont	Mesures connexes

Sept grandes familles de critères sont retenues :

- ü Le milieu naturel (milieu aquatique, ZNIEFF, ZICO, Régime des eaux, Paysage) ;
- ü L'économie du projet (investissement comparé à la capacité financière de l'institution, coût d'exploitation, coût d'entretien et foncier) ;
- ü L'impact sur les usagers, riverains et acteurs du fleuve (activité agricole, loisir/pêche/chasse, phases travaux) ;
- ü La faisabilité technique des travaux. (difficulté des travaux, faisabilité des méthodes)
- ü L'efficacité du projet. (le vécu des crues courantes, des crues rares, les gains/investissements) ;
- ü La complexité réglementaire (Natura 2000, Loi Eau, Enquête publique) ;
- ü Les délais des travaux. (les risques liés au mode décisionnel, la durée des travaux, la durée de mise en service).

Le critère efficacité inclut une analyse économique. Un questionnaire a été réalisé et a concerné 202 habitations (123 réponses exploitables dont 40 commerces). Il synthétise les données relatives aux habitants (adresse précise, tranche d'âge, ancienneté sur l'habitation) et aux habitations concernées (type d'habitat, hauteur d'eau atteinte dans la partie habitable, la

cave, le garage sur le terrain). Ce questionnaire a permis d'estimer le nombre de maisons et de commerces inondés lors de la crue de 1982 et 1994.

Les auteurs rappellent ensuite les informations établies pour la crue de 1994 à Saintes (en retenant les valeurs moyennes exprimées dans le rapport et en actualisant les coûts avec une inflation à 3%) :

- Dommages aux habitations (540 touchées) 3,8 MEuros ;
- Dommages aux commerces (160 touchés) 3,2 MEuros ;
- Dommages aux collectivités 2,2 MEuros.

Les résultats de l'étude du BCEOM de 2000 (intégrée dans ce manuel : étude Charente Saint Savignien) sont aussi rappelés.

La notion d'efficacité des aménagements correspond au nombre de maisons épargnées par les submersions, données considérées comme objective par les auteurs du fait du travail d'enquête effectué (plutôt que des notions de coûts et de dommages).

Chaque sous critère est noté de -3 (très négatif) à +3 (très positif). Dans le cas de variables quantitatives (coûts, délais ...), une échelle a été fixée autour des valeurs acceptables par l'institution. Cette valeur médiane fixe la notation «neutre». Dans le cas de variables qualitatives, c'est une comparaison relative des scénarios et de leurs impacts qui a prévalu. Enfin, dans le cas de l'efficacité le sous critère gains/investissements a suivi une notation particulière. Comme il s'agit d'une variable qualitative, il aurait été souhaitable de fixer une valeur médiane comme pour les autres variables. Ceci implique que l'on puisse donner un seuil de rentabilité économique du projet, ce qui est en fait impossible dans l'absolu selon les auteurs. L'idée affichée ici est de recenser les scénarios qui présentent le meilleur rapport. La valeur du sous critère pour chaque scénario a été calculée et a ensuite été classée selon les 7 familles de notes retenues.

Dans un premier temps, la notation de chaque scénario sur les 21 sous critères retenus a été mise en place. Dans un second temps, plusieurs attitudes de pondération des sous critères ont été proposées selon le point de vue du décideur, afin d'illustrer que l'émergence d'un scénario est essentiellement liée aux objectifs attendus par le maître d'ouvrage.

Tableau 42 : Notation des scénarios.

Scénario	Milieu naturel	Milieu naturel			Coûts			Usagers / ACteurs		
	Milieu aquatique	ZNIEFF	Régime des eaux	Paysage	Invest/Capacité	Exploitation	Entretien et foncier	Act. Agricole	Loisir/Pêche	Phase travaux
Curage	-1	0	-1	0	2	3	1	0	2	-1
Pont Palissy	0	0	0	0	2	3	2	0	1	-3
Statut quo	-1	1	-1	0	1	-1	-2	-1	0	0
Décassement massif	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-3	-3	-3	-3
3 chenaux	0	-1	0	-1	3	2	1	-2	1	-1
10 chenaux	0	-2	0	-2	0	0	-2	-3	0	-2
3 chenaux + curage	-1	-1	-1	-1	1	2	-2	-2	-1	-2
10 chenaux + curage	-1	-2	-1	-2	-1	0	-2	-3	-1	-3
Rachat du foncier et bâti à risque	0	0	0	0	-1	2	-3	0	1	0
Gestion flux amont	1	2	2	1	-3	-1	-1	2	1	1

Scénario	Technique		Efficacité			Complexité réglementaire			Délai		
	Difficulté travaux	Fiabilité	Vécu crues courantes	Vécu crues rares	Gains/Dommages	Natura 2000	Loi eau	Enq	Administratif	Travaux	Mise en service
Curage	-2	1	1	1	0	-1	-1	1	1	-1	2
Pont Palissy	-2	-1	0	0	-1	0	1	-1	1	1	1
Statut quo	0	0	-3	-3	-3	0	0	-1	0	0	0
Décassement massif	1	-1	3	3	-1	-3	-3	-3	-3	-1	1
3 chenaux	1	1	1	2	3	-1	-1	-1	2	1	0
10 chenaux	1	1	2	3	1	-3	-2	0	1	-1	0
3 chenaux + curage	-2	1	1	2	2	-2	-2	0	1	-1	0
10 chenaux + curage	-2	1	3	3	1	-3	-3	-1	-1	-1	-1
Rachat du foncier et bâti à risque	0	2	-1	-1	0	0	3	0	3	-3	-2
Gestion flux amont	1	-1	1	1		2	1	1	-2	-3	1

Le travail de pondération résulte d'une décision du maître d'ouvrage face aux enjeux de la prise de décision. Trois attitudes tranchées face aux enjeux du projet ont été décrites.

L'attitude «USAGERS» simule une prise de décision axée sur la résolution des problèmes des usagers, et une réduction des nuisances du projet sur les usages courants du fleuve. De ce fait, les critères associés au vécu des crues courantes, rares ainsi qu'à la prise en compte du gain sur dommages sont fortement pondérés. Les activités de loisirs, pêche, chasse et paysage sont également associées à une notation supérieure à tous les autres critères.

L'attitude «ENVIRONNEMENT» vise à réduire les impacts du projet sur le milieu naturel. Les critères associés à cet objectif, qui incluent les aspects réglementaires en tant que garantie de cohérence, sont ainsi sur-pondérés.

L'attitude «EFFICACITE» oriente la prise de décision vers un côté plus pragmatique en surpondérant le critère gain sur dommage (efficacité des sommes investies) et le critère coût ramené à la capacité de financement. Dans cette attitude, les auteurs admettent que plus ces critères sont élevés, plus le scénario a de fortes probabilités d'être réalisé.

Tableau 43 : Pondération des critères selon les quatre attitudes.

	Usagers	Environnement	Efficacité	Equilibre
Milieu aquatique	0,5	2	1	1,2
ZNIEFF.ZICO...	0,5	2	1	1,2
Régime des eaux	0,5	2	1	1,2
Paysage	1	1	1	1,3
Invest./Capacité	0,5	0,5	4	1,2
Exploitation	0,5	0,5	2	1
Entretien et foncier	0,5	0,5	2	1
Act. Agricole	1	1	1	1
Loisirs/pêche/chasse	1	1	1	1
Phase travaux	1	1	1	1
Difficulté tvx	0,5	0,5	1	0,7
Fiabilité méthode	0,5	0,5	1	0,7
Vécu crue courante	3	1	2	2
Vécu crue rare	3	1	2	2
Gain/dommage	3	1	2	2
Natura 2000	0,5	2	1	1,2
Loi EAU	0,5	2	1	1,2
Enq. Publique	0,5	2	1	1,2
Administratif	0,5	0,5	0,5	0,5
Travaux	0,5	0,5	1	0,7
Mise en service	0,5	0,5	1	0,7

Les résultats sont les suivants :

Tableau 44 : Résultat de l'analyse multi-critères.

Favorables	Scénario	Classements
	3 chenaux	3 fois premier 1 fois second
	Curage	2 fois second 1 fois troisième 1 fois quatrième

	Pont Palisy	1 fois premier 1 fois second 1 fois troisième 1 fois sixième
Défavorables	Scénario	Classements
	Décassement massif type étude 1999/2000	4 fois dernier (7 <sup>ième</sup> )
	10 chenaux + curage	1 fois 5 <sup>ième</sup> 3 fois 6 <sup>ième</sup>

Le principe de 3 à 4 chenaux avec un curage en amont du barrage de Saint Savinien a été retenu. Le gain est de 20 à 30cm de Saint Savinien à l'amont de Saintes

## 8. Marne

### Présentation

Titre de l'étude : Bassin de la Marne : Comment réduire les inondations ? Phase 2 Analyse de la vulnérabilité sur le bassin de la Marne Rapport intermédiaire

Lieu / étendue du territoire : Bassin versant de la Marne

Maître d'ouvrage : Entente Marne

Prestataire : HYDRATEC

Date : 2008

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Approche méthodologique, proposition de la méthode par un bureau d'étude, rapport intermédiaire, travail en cours.

### Evaluation des dommages

Les coûts moyens issus de l'étude Seine de 1998 sont actualisés en les multipliant par 1,7 (coefficient obtenu en analysant, de 1990 à 2007, l'évolution de l'indice national du coût de la vie, de l'indice national du coût de la construction, de l'historique des prix au m<sup>2</sup> en IDF). En effet, entre 1990 et 2007, les prix de consommation ont été multipliés par 1,4 et les prix concernant les habitations par 1,9.

### Dommmages directs

-Habitat et activités économiques

La Marne a été découpée en 3 sous-modèles cohérents du point de vue de l'urbanisation :

- MN1 : la moitié amont de la Marne dans le 77 (approximativement de la limite 02/77 à la confluence Marne/Grand Morin) ;
- MN2 : la moitié aval de la Marne dans le 77 (approximativement de la confluence Marne/Grand Morin à la limite 93/94) ;
- MN 3 : la Marne dans le 94.

Pour déterminer les dommages en région IDF, l'utilisation de la méthode élaborée en 1998 doit être simplifiée. Les courbes d'ajustement entre surfaces urbanisées pondérées et coûts des dommages aux entités surfaciques (habitats + activités) sont de nouveau utilisées.

Le tableau suivant en rappelle les valeurs et réajuste les coûts en données 2007 :

Tableau 45 : Montants des dommages selon le modèle retenu.

	Dommmages (MF/ha) valeur 1990	Dommmages (MF/ha) valeur 2007
Modèle MN1	0,87	0,23
Modèle MN2	1,45	0,38
Modèle MN3	3,7	0,96

Pour chaque casier, les différentes surfaces d'emprise du MOS 2003 sont connues. Pour une crue donnée, le casier sera inondé à Y%, le dommage correspondra à  $5.17 \times Y\% \times 0.96$  M€.

La formule utilisée pour le calcul des dommages est donc pour chaque casier :  
Surface urbanisée du casier x pourcentage d'inondation x dommage M€/ha du modèle correspondant.

Hors région Ile-de-France, deux cas de figure vont se présenter :

- Les principales agglomérations, où des modèles numériques de terrain (MNT) ont été réalisés ;
- Les villes se situant entre de simples profils en travers.

Dans le premier cas, la formule utilisée pour le calcul des dommages est pour chaque casier :  
Surface urbanisée du casier x pourcentage d'inondation x dommage M€/ha du modèle MN2.  
Le modèle MN2 a été utilisé car les villes considérées sont de taille moyenne. Elles ont d'ailleurs été découpées sous forme de casiers de la même façon que dans la partie aval.

Pour le second cas, concernant les courbes de dommage à utiliser, celles du modèle MN1 sont proposées car il s'agit de la zone la moins urbanisée correspondant le mieux aux secteurs ne possédant pas de MNT.

#### - Activités agricoles

Il a plutôt été choisi d'estimer les dommages agricoles pour une crue importante survenant au printemps (crue forte et longue). La crue retenue est celle d'avril-mai 1983 (pour la définition de l'aléa hydraulique). Les dommages sont estimés dans la situation actuelle de l'occupation des sols et des prix agricoles. Une crue forte et longue comme celle du printemps 1983 (survenant dans la première quinzaine d'avril et se prolongeant en mai) conduit à la destruction des semis ou à l'impossibilité de semer, et à une récolte nulle (avec dommage = produit brut d'exploitation). Les dommages pour les prairies sont moins importants. Pour les bois, ils sont très faibles et ne seront donc pas pris en compte.

L'estimation des dommages nécessite alors la connaissance :

- Des surfaces agricoles concernées ;
- De l'occupation des sols pour ces surfaces (prairies, cultures, ...) ;
- Des dommages à l'hectare par type d'occupation des sols.

Le maïs est représentatif de l'ensemble des cultures en terme de dommages (la répartition surfacique entre les différents types de cultures n'est pas connue, et le Schéma Hydraulique Marne 1984 et une étude antérieure Béture-Sétame en Marne Moyenne ont permis de retenir cette hypothèse). Toutes les surfaces en cultures considérées sont alors du maïs.

Un prix de 250 euros TTC par tonne a été retenu, soit avec un rendement attendu de 8 tonnes/ha (soit 80 quintaux/ha) et une récolte nulle, un dommage unitaire pour les cultures de 2 000 euros/hectare.

Pour les prairies (pâtures et prairies de fauche), les dommages correspondent :

- Pour les prairies de fauche, à une perte de qualité du fourrage, voire aussi à une perte de rendement ;
- Pour les pâtures, à l'achat de fourrage qui doit être fait par l'exploitant pour nourrir le bétail pendant l'indisponibilité des terrains en herbe où les bêtes pâturent.

En considérant un rendement moyen de 6 tonnes de fourrage par hectare, avec un prix de 80 euros par tonne, le produit brut s'élève environ à 500 euros par hectare.

Une perte de rendement des prairies de 30% a été retenue. D'après les auteurs, l'incertitude sur ce pourcentage de perte pour les prairies aura un faible impact sur le montant total des dommages agricoles, les cultures ayant un poids prépondérant.

#### Dommmages indirects des inondés ?

Afin de simplifier les calculs, pour la présente étude que les dommages indirects sont supposés représenter un certain pourcentage des dommages directs :

- 15% pour l'habitat ;
- 35% pour les activités.

#### Résultats attendus

Les montants globaux de dommages seront présentés selon le découpage géographique retenu.

Chaque grand sous-bassin (Marne Amont, Saulx-Ornain, Marne Moyenne, Grand Morin et IDF) est découpé en 2 à 3 tronçons comprenant une agglomération.

## 9. PACA

### Présentation

Titre de l'étude : Méthode simple d'évaluation de la population bénéficiaire et de l'intérêt économique des travaux réalisés

Lieu / étendue du territoire : PACA

Ouvrage(s) concerné(s) : Applications à plusieurs études

Maître d'ouvrage : DIREN PACA

Prestataire : SCE

Date : 2007

Niveau d'échelle : Macro

Coût : 50 000 euros environ

### Objectif

Répondre aux exigences de la LOLF au sujet des indicateurs 135 (Mise en œuvre d'une gestion dynamique des cours d'eau) et 136 (Action de protection des lieux habités).

### Evaluation des dommages

La DIREN PACA évalue dans un premier temps la population exposée au risque d'inondation et dans un second temps, le coût total induit par les inondations sur un territoire donné pendant un siècle.

### Population exposée au risque d'inondation

L'étude réalisée sur la région PACA estime et compare la population touchée avant et après projet par le biais des îlots INSEE, du Scan 25 et des photos aériennes. Quatre crues d'occurrences 10, 20, 50 et 100 ans sont prises en compte. Les auteurs considèrent qu'en un siècle la crue centennale apparaît une fois, la cinquantennale apparaît une fois, la vingtennale trois fois et la décennale cinq fois. D'après les auteurs, la population exposée aux inondations sur un territoire donné au cours d'un siècle est évaluée par la formule suivante :

$$P_{tot}(100ans) = 1 \times P_{100} + 1 \times P_{50} + 3 \times P_{20} + 5 \times P_{10}$$

Cette population exposée au cours d'un siècle est évaluée avant et après projet. Le gain apporté par l'aménagement est alors exprimé en fonction du nombre d'habitants par an protégés en moyenne.

Deux exemples sont considérés : le recalibrage et l'aménagement d'un cours d'eau et la mise en place d'un bassin de laminage. Selon le critère de nombre de population touchée, les deux projets semblent pertinents.

### Coût total induit par les inondations sur un territoire donné pendant un siècle

L'étude de la DIREN PACA évalue des coûts avant et après projet par le biais d'un découpage par type d'occupation du sol ainsi qu'un comptage des unités (habitations, hangars...) à l'aide du Scan 25 et des photos aériennes. Les dommages sont estimés par unité d'enjeu et représentent la différence entre les coûts avant et après projet.

Les auteurs considèrent qu'en un siècle la crue centennale apparaît une fois, la cinquantennale apparaît une fois, la vingtennale trois fois et la décennale cinq fois. Le coût

total induit par les inondations sur un territoire donné au cours d'un siècle est évalué par la formule suivante :

$$P_{tot}(100ans) = 1 \times C_{100} + 1 \times C_{50} + 3 \times C_{20} + 5 \times C_{10}$$

Les auteurs de l'étude de la DIREN PACA précisent qu'il est impossible de connaître de façon précise le montant exact des dommages par évènement, ce qui se révèle être un « handicap pour les acteurs publics ».

Les dommages évités sont estimés en comparant le coût total d'une inondation avant et après projet :  $G_{100} = C_{tot\text{ actuel}} - C_{tot\text{ futur}}$ .

Ainsi pour un ouvrage d'un coût  $Y$ , nécessitant un coût d'entretien  $E$  et une durée de vie  $D$  (en année), l'étude compare :

- Le coût total de l'ouvrage :  $Y + E \times D$  ;
- Le dommages évités sur la même période :  $G_{100} \times \frac{D}{100}$ .

L'actualisation n'est donc pas prise en compte dans cette étude.

Les grilles d'endommagement suivantes sont retenues.

**Tableau 46** : Grille d'endommagement de la Voirie.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement
				minimum	moyenne	maximum	
Voiries/Routes	Routes	/ m <sup>2</sup>	< 0,5 m	20 €	60 €	100 €	20%
			0,5 - 1,0 m				60%
			> 1,0 m				100%
	Voirie avec trottoir	/ m <sup>2</sup>	< 0,5 m	30 €	70 €	110 €	20%
			0,5 - 1,0 m				60%
			> 1,0 m				100%

**Tableau 47** : Grille d'endommagement de l'habitat.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement	Ratio d'endommagement si surélevé
				minimum	moyenne	maximum		
Habitat	Maison individuelle	Unité	< 0,5 m	120 k€	150 k€	170 k€	6%	2%
			0,5 - 1,0 m				20%	20%
			> 1,0 m				25%	25%
	Cabanon résidentiel	Unité	< 0,5 m	55 k€	60 k€	70 k€	6%	2%
			0,5 - 1,0 m				20%	20%
			> 1,0 m				25%	25%
	habitat collectif	Unité	< 0,5 m	120 k€	150 k€	170 k€	12%	4%
			0,5 - 1,0 m				20%	20%
			> 1,0 m				25%	25%

**Tableau 48** : Grille d'endommagement des entreprises.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement
				minimum	moyenne	maximum	
Activités	Commerce	unité	< 0,5 m	120 k€	150 k€	180 k€	3%

industrielles ou commerciales			0,5 - 1,0 m				15%	
			> 1,0 m				25%	
			< 0,5 m				400 k€	500 k€
	0,5 - 1,0 m	15%						
	> 1,0 m	25%						
	Coopérative	unité		< 0,5 m	150 k€	200 k€	250 k€	3%
0,5 - 1,0 m				15%				
> 1,0 m				25%				
Structures commerciales d'accueil du public	Restaurant	unité	< 0,5 m	100 k€	130 k€	170 k€	3%	
			0,5 - 1,0 m				15%	
			> 1,0 m				25%	
	Gîte	unité		< 0,5 m	100 k€	130 k€	170 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				15%
				> 1,0 m				25%
	Camping	unité		< 0,5 m	400 k€	500 k€	600 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				15%
				> 1,0 m				25%

Tableau 49 : Grille d'endommagement des activités agricoles.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement	
				minimum	moyenne	maximum		
Activité agricole	Station agricole de pompage	unité	< 0,5 m	5 k€	10 k€	15 k€	3%	
			0,5 - 1,0 m				15%	
			> 1,0 m				25%	
	Grange - hangar agricole	unité		< 0,5 m	50 k€	120 k€	200 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				15%
				> 1,0 m				25%
	Tunnel	unité		< 0,5 m	5 k€	45 k€	60 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				40%
				> 1,0 m				80%
	Serre	unité		< 0,5 m	30 k€	90 k€	150 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				20%
				> 1,0 m				40%
	Cabanon agricole	unité		< 0,5 m	15 k€	40 k€	65 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				15%
				> 1,0 m				25%
	Ecurie, Etable, Bergerie	unité		< 0,5 m	10 k€	100 k€	160 k€	3%
				0,5 - 1,0 m				15%
				> 1,0 m				25%

Tableau 50 : Grille d'endommagement des pertes exploitations agricoles.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement	
				minimum	moyenne	maximum		
Cultures	Champs cultivés	/ha	< 0,5 m	2 k€	3 k€	7 k€	20%	
			0,5 - 1,0 m				60%	
			> 1,0 m				100%	
	Vergers	unité		< 0,5 m	4 k€	6 k€	10 k€	15%
				0,5 - 1,0 m				50%

			> 1,0 m				100%
Vignes	unité		< 0,5 m	6 k€	9 k€	13 k€	40%
			0,5 - 1,0 m				100%
			> 1,0 m				100%
Vignes AOC	unité		< 0,5 m	10 k€	15 k€	25 k€	50%
			0,5 - 1,0 m				100%
			> 1,0 m				100%

**Tableau 51 : Grille d'endommagement des équipements publics.**

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur			Ratio d'endommagement
				minimum	moyenne	maximum	
Equipements publics	Station d'épuration	unité	< 0,5 m	2000 k€	3300 k€	4500 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Station AEP	unité	< 0,5 m	16 k€	1000 k€	3000 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Transformateur EDF	unité	< 0,5 m	25 k€	30 k€	50 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Ecole	unité	< 0,5 m	400 k€	450 k€	500 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Collège, Lycée, ...	unité	< 0,5 m	2200 k€	2500 k€	2800 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Gendarmerie	unité	< 0,5 m	400 k€	450 k€	500 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Caserne de pompiers	unité	< 0,5 m	400 k€	450 k€	500 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
	Etablissements de santé	unité	< 0,5 m	750 k€	1000 k€	1250 k€	3%
			0,5 - 1,0 m				15%
			> 1,0 m				25%
Bureaux/services	unité	< 0,5 m	400 k€	450 k€	500 k€	3%	
		0,5 - 1,0 m				15%	
		> 1,0 m				25%	
Equipements sportifs	unité	< 0,5 m	120 k€	150 k€	180 k€	3%	
		0,5 - 1,0 m				15%	
		> 1,0 m				25%	
Locaux de clubs sportifs ou d'associations	unité	< 0,5 m	15 k€	40 k€	60 k€	3%	
		0,5 - 1,0 m				15%	
		> 1,0 m				25%	
Tribune hippodrome avec locaux	unité	< 0,5 m	100 k€	120 k€	150 k€	3%	
		0,5 - 1,0 m				15%	
		> 1,0 m				25%	

Les deux mêmes exemples sont considérés : le recalibrage et l'aménagement d'un cours d'eau et la mise en place d'un bassin de laminage. Ces deux projets se révèlent efficaces économiquement.

Dans un second temps, la DIREN PACA utilise trois rapports comme critère de décision, qui sont définis de la façon suivante :

- Rapport Dommage/Travaux (4 seuils de décision : <0,8 ; 0,8-1,2 ; 1,2-5 ; >5) ;
- Rapport Dommage/Habitants : divisé par 100, il correspond à la somme d'argent (minimum) à mutualiser annuellement pour chaque habitant pour compenser les dommages potentiels des inondations ;
- Rapport Travaux/Habitants : divisé par 100, ce rapport correspond à la part mutuelle des habitants aux investissements à consentir.

Ces trois rapports sont utilisés pour analyser la pertinence d'études mises en place dans les Alpes de Haute Provence (3 études sur 12 analysables avec cette méthode), dans les Hautes Alpes (3 études sur 36 analysables avec cette méthode), dans les Alpes Maritimes (5 études sur 10 analysables avec cette méthode), dans les bouches du Rhône (1 étude sur 14 analysables avec cette méthode), dans le Var (4 études sur 25 analysables avec cette méthode), dans le Vaucluse (2 études analysables avec cette méthode). Ils permettent d'indiquer la pertinence des projets en fonction des critères retenus.

## 10. Quimper

### Présentation

Titre de l'étude : Etude hydraulique complémentaire pour le projet de retenues collinaires sur les bassins du Jet, de l'Odet et du Steir

Lieu / étendue du territoire : bassins du Jet, de l'Odet et du Steir, proche de Quimper

Ouvrage(s) concerné(s) : Retenues collinaires

Maître d'ouvrage : Conseil Général du Finistère

Prestataire : SAFEGE

Date : 2006

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

L'objectif de l'étude est de justifier économiquement et d'un point de vue hydraulique l'aménagement proposé : les retenues collinaires.

### Evaluation des coûts

Les coûts des ouvrages sont évalués selon les sites retenus et selon la dimension de la crue.

Le coût de rachat des terres est intégré : 6 000 euros/ha.

Les prix de rachat des acquisitions foncières pris en compte sont de :

- 150 000 € par habitation ;
- 100 000 € par bâtiment agricole ;
- 40 000 € par bâtiment en ruine.

Il faut y ajouter une marge sécuritaire de 40%. Sur le bassin de l'Odet, 6 habitations seraient concernées, et 10 à 13 sur le bassin du Steir, selon le dimensionnement envisagé.

Selon les « Recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi des petits barrages » (CEMAGREF), le coût total de la surveillance et de l'entretien d'un ouvrage bien conçu représente annuellement 0,25 % à 1 % du montant des travaux. Il a été convenu (hypothèse maximaliste) de fixer ces coûts annuels de fonctionnement, d'entretien et de surveillance des ouvrages à :

- 1 % du coût de l'ouvrage pour les retenues non régulées ;
- 2 % du coût de l'ouvrage pour les retenues régulées.

### Evaluation des dommages

Trois crues plus fortes que celle de 1995, sur les 100 dernières années à Quimper ont été démonbrées :

- La crue de 1925, d'occurrence estimée à 100 ans ;
- La crue de 1974, d'occurrence estimée à 50 ans
- La crue de 2000.

D'après les auteurs, il a été convenu de calculer le coût des inondations sur 100 ans pour la ville de Quimper comme étant la somme de ces 3 crues, soit encore :

coût des inondations en crue centennale  
+ coût des inondations en crue cinquantennale  
+ coût des inondations en décembre 2000  
= coût des inondations sur 100 ans

Le coût des inondations en crue centennale et cinquantennale est alors évalué à partir des enveloppes de crue cartographiées en phase 2, comme suit :

- o Un calcul au pro rata des bâtis ponctuels inondés permet de calculer le coût des dégâts aux particuliers. Ces dégâts sont évalués à 10,2 M€ en crue cinquantennale et 14,2 M€ en crue centennale ;
- o Un calcul au pro rata des surfaces inondées dans les zones d'activité économique permet d'évaluer le coût des dégâts aux entreprises de Quimper. Ces dégâts sont évalués à 20,3 M€ en crue cinquantennale et 34,1 M€ en crue centennale.

Plus spécifiquement, il a été convenu de la répartition du coût des inondations dans les zones d'activité économique :

- 25 % des dégâts sur la zone de l'hippodrome, soit environ 7,5 M€ pour la crue de 2000 ;
- 75 % des dégâts en centre ville, soit environ 22,5 M€ pour la crue de 2000.

Le coût des inondations dans Quimper est ainsi évalué à :

- 30,5 M€ pour une crue cinquantennale ;
- 48,3 M€ en crue centennale.

En définitive, le coût total des inondations dans Quimper sur 100 ans est estimé à 120,8 M€.

Les gains générés par les scénarios d'aménagement sont estimés selon trois critères :

- Réduction du coût des inondations pour les particuliers ;
- Réduction du coût des inondations pour les entreprises (secteur centre ville et secteur hippodrome) ;
- Réduction de la vulnérabilité d'enjeux notables : préfecture, conseil général, cathédrale, la Poste centrale, gare SNCF, Sanitherm, Comoda, Entremont, Mercedes Benz, Ambiance et cuirs, CEDI et SCREG.

Pour chaque simulation réalisée, la cartographie de l'enveloppe de crue permet de calculer un coût des inondations après aménagement, selon la même méthode que pour l'évaluation du coût des crues cinquantennale et centennale.

D'après les auteurs, les gains sur 100 ans dans Quimper, associés à un des 9 scénarios d'aménagement sont calculés comme suit :

$$\begin{aligned} & \text{coût des inondations après aménagement en Q100} \\ & + \text{coût des inondations après aménagement en Q50} \\ & + \text{coût des inondations après aménagement en déc. 2000} \\ & = \text{coût des inondations après aménagement sur 100 ans} \end{aligned}$$

La différence entre le coût actuel et après aménagement donne les gains sur 100 ans.

Le ratio gain / investissement est analysé, il représente le gain calculé pour 1 € investi.

## Résultats

La comparaison des différents scénarios s'effectue principalement sur les deux critères suivants, sur une période de 100 ans :

- Le coût des aménagements ;
- Les gains en vulnérabilité dans Quimper.

Les investissements les moins rentables correspondent à l'aménagement du Steir avec des retenues régulées ou non régulées. Parmi les scénarios d'aménagement de l'Odét, le scénario le moins rentable est celui du dimensionnement des ouvrages pour une crue Q100.

D'un point de vue strictement financier, les investissements les plus rentables correspondent à l'aménagement du bassin de l'Odét seul, dimensionné pour la crue de décembre 2000 ou Q50 (scénarios 1 et 4).

## 11. Labergement-Lès-Auxonne

### Présentation

Titre de l'étude : Etude de protection rapprochée des lieux habités contre les inondations de Labergement-Lès-Auxonne

Lieu / étendue du territoire : Labergement-Lès-Auxonne

Ouvrage(s) concerné(s) : Protections rapprochées

Maître d'ouvrage : EPTB Saône Doubs

Prestataire : HYDRATEC

Date : 2006

Niveau d'échelle : Micro

Coût : 15 000 euros (coût total : 52 250 HT)

### Objectif

Justifier la pertinence économique de l'aménagement.

### Evaluation des coûts

Pour les solutions proposées étudiées, les coûts d'investissement ont été chiffrés comme suit :

Tableau 52 : Les coûts d'investissement.

	Base pente de parement 3h/1v	Variante 1 : pente de parement 3h/1v sur amont et 3h/2v sur aval	Variante 2 : pente de parement 3h/2v
25 ans	1 829 000 €	1 646 000 €	1 434 000 €
50 ans	2 131 000 €	1 906 000 €	1 632 000 €
100 ans	2 785 000 €	2 471 000 €	2 012 000 €

Les charges annuelles d'exploitation pour la commune ont été estimées de la façon suivante, quelque soit le niveau de protection choisie :

- Deux tontes et entretien annuel sur respectivement 2,6, 3,2 ou 4 hectares engazonnés (resp. protections 25, 50 ou 100 ans) : 2600, 3200 ou 4000 €HT/an ;
- Visite annuelle de 4 stations de pompage : 1400 €HT/an pour T50 ou T100 ans, ou 1050 €HT pour T25 ans (3 stations seulement).

### Evaluation des dommages

Les montants de dommages estimés ont été comparés avec ceux obtenus par la MRN.

#### - Habitat

Un questionnaire a été envoyé aux habitants de Labergement-lès-Auxonne pour permettre de mieux estimer les coûts liés aux inondations. Vingt-huit habitations ont été sélectionnées par la mairie de Labergement-lès-Auxonne comme étant les plus vulnérables vis-à-vis des inondations, leurs parcelles avaient été inondées par la crue de 1955. Sur 28 questionnaires envoyés, 19 réponses ont été obtenues.

Les résultats d'une enquête réalisée par la DIREN de Bourgogne sur les dommages causés par les inondations, notamment ceux de la crue de mars 2001, ont été mis à disposition.

L'enquête a été réalisée sur neuf communes du Val de Saône (7 en Saône et Loire et 2 en Côte d'Or) et 73 questionnaires ont été renseignés. La DIREN Bourgogne s'est trouvée confrontée

aux mêmes difficultés : « beaucoup de personnes n'ont pas précisé le coût des dégâts (soit il est inestimable à leurs yeux, soit ils ne veulent pas en parler) ou ne sont pas exhaustives sur ceux-ci ; de plus, ce coût est très variable d'un cas à l'autre (écart-type environ égal à la moyenne) ». Néanmoins, d'après les auteurs, le panel interrogé étant plus large, l'enquête fournit des résultats plus facilement exploitables.

Les dommages aux habitations concernent principalement :

- Les cloisons (79% des cas, coût moyen des dommages par habitation : 2 733€) ;
- Les revêtements au sol (44%, coût moyen : 1 231€) ;
- Les meubles (35%, coût moyen : 1 066€) ;
- Les appareils électriques (33%, coût moyen : 491€).

Les auteurs précisent que ces chiffres ne comprennent que les dommages directement liés aux inondations et ce pour une crue importante (la crue de mars 2001 est supérieure à la crue décennale) mais pas exceptionnelle. Les coûts de nettoyage, de séchage et de réparations diverses ne sont pas pris en compte dans ce résultat.

Si l'hypothèse retenue est celle d'un coût moyen des dommages compris entre 2 000€ et 3 500€ par habitation inondée (fourchette intégrant les estimations de l'enquête réalisée par cette étude et de celle de la DIREN), l'estimation des coûts (pour les habitations et le restaurant) par période de retour de crue est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 53 : Nombre d'habitations inondées et dommages en fonction du type de crues.

Type de crue	Nombre total d'habitations inondées	Estimation des dommages
T=2 ans	0	0
T=5ans	0	0
T=10 ans	5	14-24 K€
T=25 ans	20/30	44-111 K€
T=50 ans	50	104-181 K€
T=100 an	120	244-426 K€

#### - Dommages agricoles

Un questionnaire a été transmis fin mars 2006 à dix-huit exploitants.

Les simulations hydrauliques réalisées en phase 1 permettent d'estimer les superficies des terres agricoles inondées en fonction des différentes périodes de retour de crues étudiées.

Une grande partie des prés est touchée en premier par les crues : 40% pour une crue biennale, 83% pour une crue quinquennale. Il est supposé que les exploitants ont choisi de laisser en prairies les terres les plus exposées au risque de crue. Pour une crue décennale, la majorité des terres agricoles est inondée (91% des prés, 68% des légumes de plein champ, 53% des serres, 83% des céréales).

Les prairies sont fauchées ou pâturées. Le rendement moyen est estimé à 6 tonnes de matière sèche par hectare. Les exploitants n'ont pas donné d'indications sur les dommages dus aux crues sur les prairies. D'après les autres études réalisées récemment par HYDRATEC en Bourgogne (sur les casiers de Préty-Lacrost-La Truchère et Boyer), les pertes de rendement varient entre 30 et 100% en cas de crue de printemps, entre 10% et 30% en cas de crue d'automne et sont nulles en cas de crue d'hiver.

En cas de crues, les cultures en plein champ inondées sont perdues (75 à 100%). De plus, cette interruption dans le rythme des cultures provoque par la suite (après la décrue), un groupage des récoltes et une baisse des coûts du marché.

Les cultures sous serres sont anéanties (pertes à 100%).

En cas de crue :

- Au printemps (type mars 2006, crue biennale), les pertes de rendement pour le blé et l'orge varient entre 30 et 50% ; le maïs et le tournesol ne peuvent pas être semés ;
- Au mois de mai (type mai 1983), l'ensemble des parcelles est perdu à 90%-100% ;
- En hiver, l'apport d'engrais pour l'orge et le blé est retardé, provoquant une perte de rendement (10 à 30%).

Les coûts des dommages liés aux inondations sont relativement difficiles à estimer, notamment pour les cultures de légumes en plein champ ou en serre. Le mode de gestion de ces dernières est assez complexe à modéliser :

- Plusieurs variétés de légumes s'échelonnent au cours de l'année, avec des cycles de vie relativement courts ;
- Les prix diffèrent suivant le mode de culture : vente directe au marché pour les légumes sous serre, vente au marché ou à un grossiste pour les légumes de plein champ ;
- Les agriculteurs ont donné peu de renseignements dans les questionnaires (les dommages estimés ne précisent pas le type de la crue en cause : importance, saison ; les pratiques agricoles ne sont pas développées).

Par souci de simplification, il a été choisi :

- Deux types de légumes de plein champ, cultivés à parts égales,
  - o Pour l'hiver : poireaux et choux ;
  - o Pour le printemps : pommes de terre et salades (cultivées sur de plus grandes parcelles que les autres, d'après les questionnaires) ;
- Deux types de légumes sous serres :
  - o Salades et radis en hiver ;
  - o Radis et tomates au printemps.

Une seule céréale a été choisie : le blé, commune aux deux céréaliers interrogés.

Tableau 54 : Gamme de coûts des dommages agricoles liés aux inondations.

Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
Coûts (K€)	50-100	310-550	450-810	600-1060	670-1160	690-1200

## Résultats

L'estimation du coût moyen annuel de submersion est comprise entre 5.7 et 11.2 k€/an.

$$C_{\text{annuel}} = \int_{1/100}^1 C(T).d(1/T) \quad \text{avec } C(T) \text{ le coût des dégâts pour la période de retour } T.$$

Le coût moyen annuel du dommage direct aux habitations lié aux inondations est estimé à 9600-11200 €/an (calculé sur une période de 100 années) et 4000-8200 €/an (calculé sur une période de 50 années).

Les dommages agricoles pour les 15.8 hectares de cultures situés dans l'enceinte de la protection proposée, sont par ailleurs les suivants.

Tableau 55 : Les dommages agricoles.

Période de retour	Dommages
2 ans	2 500 € à 5 200 €
5 ans	15 100 € à 27 300 €
10 ans	22 200 € à 39 800 €
25 ans	29 900 € à 52 300 €
50 ans	32 900 € à 57 400 €
100 ans	33 900 € à 59 200 €

Le coût moyen annuel du dommage lié aux inondations sur les zones cultivées situées dans l'enceinte de digue est alors de 7650-14000 €/an (calculé sur une période de 100 années), 7300-13400 €/an (calculé sur une période de 50 années), et 7000-12300 €/an (calculé sur une période de 25 années). Les auteurs en déduisent :

- Qu'une digue calée pour protéger le village contre une crue de période de retour 25 ans permettrait d'éviter un coût moyen de dommage de 9 200 € à 17 500 € par an ;
- Qu'une digue calée pour protéger le village contre une crue de période de retour 50 ans permettrait d'éviter un coût moyen de dommage de 11 250 € à 21 500 € par an ;
- Qu'une digue calée pour protéger le village contre une crue de période de retour 100 ans permettrait d'éviter un coût moyen de dommage de 13 300 € à 25 200 € par an.

Le retour sur investissement de l'aménagement proposé, hors charge d'entretien est obtenu au bout de :

- Solution de base : 100 ans (resp. 105 ans – 100 ans – 111 ans pour resp. 25-50-100 ans) ;
- Solution variante n° 1 : 90 ans (resp. 94 ans – 89 ans – 98 ans pour resp. 25-50-100 ans) ;
- Solution variante n° 2 : 80 ans (resp. 82 ans – 76 ans – 80 ans pour resp. 25-50-100 ans).

D'après les auteurs, un optimum économique apparaît pour l'investissement consenti pour une protection de période de retour 50 ans.

En intégrant dans le calcul ces charges annuelles d'entretien, le retour sur investissement s'allonge et passe aux valeurs suivantes :

- Solution de base : 133 ans ;
- Solution variante n° 1 : 119 ans ;
- Solution variante n° 2 : 100 ans.

Les travaux se révèlent donc être assez coûteux mais le maire peut décider de les réaliser selon d'autres critères (situation historique par exemple).

## 12. Artois Picardie

### Présentation

Titre de l'étude : Evaluation économique des dommages liés aux inondations

Lieu / étendue du territoire : Bassin de la Somme

Maître d'ouvrage : Agence de l'eau Artois Picardie

Prestataire : ECODECISION

Date : 2006

Niveau d'échelle : Macro

### Objectif

Retour d'expérience des crues sur le bassin Artois Picardie.

### Evaluation des dommages

L'analyse du retour d'expérience de la crue de la Somme en 2001 permet d'obtenir les renseignements suivants :

Tableau 56 : Dommages selon le type de biens concernés.

Biens concernés	Nature des dommages	Coût total	Indemnisation
Habitat	2800 maisons inondées		Assistance logement : 0,5 M€ Aides d'urgence : 0,2 M€ CAF : 0,11 M€ Assureurs 30 M€
	730 évacuées		
	Plus de 10% non assurées		
Entreprises	200 entreprises sinistrées		Assureur 9 M€ FISAC : 0,8 M €
	Chômage partiel		DDTEFP : 0,84 M €
Agriculture	Perte de récolte (150 dossiers)	6 M€	0,87 M€
	Perte de fonds (169 dossiers)	0,5 M€	0,15 M€
	Hortillonnages (14 dossiers sur 17)	0,4 M€	0,18 M€
Tourisme		8,6 M€	
Voirie	En zone inondée	11 M €	
	Hors zone inondée	44 M€	
Ferroviaire	Réseau	1,2 M€	
	Perte d'exploitation	0,6 M€	
	Bâtiments et matériels	0,5 M€	
Voie d'eau	Dégradation des berges	27 M€	
	Ouvrages et chemin de halage	5 M€	
	Envasement	2,7 M€	
EDF GDF	Réseau	0,5 M€	
	Pertes d'exploitation	0,05 M€	
Eau potable	Traitement de désinfection	0,9 M €	
Déchets ménagers	Manque de confinement	3 M€	

Tableau 57 : Répartition des dommages pour huit crues historiques.

Evènement	Habitat	Entreprises	Agriculture	Routes et réseaux	Secours
France 1977-78	18%	19%	29%	33%	1%
Vaucluse 1992	18%	18%	19%	40%	5%
Orb 1995-96	26%	28%	7%	39%	1%
Meuse 1993-95	42%	50%	1%	7%	0%
Nîmes 1998	25%	38%	0%	37%	0%
Sud-est 1999	34%	18%	11%	37%	0%
Bretagne 2000	38%	26%	3%	33%	0%
Somme 2001	21%	7%	5%	67%	0%
Ensemble	30%	30%	7%	34%	0%

### 13. Cheffes sur Sarthe

#### Présentation

Titre de l'étude : Réduction de la vulnérabilité face aux inondations

Lieu / étendue du territoire : commune de Cheffes sur Sarthe, bordée par la Sarthe

Maître d'ouvrage : Direction Départementale de l'Équipement du Maine et Loire

Prestataire : BCEOM

Date : 2003

Niveau d'échelle : Micro

#### Évaluation des dommages

Le coût pris en compte est le montant des dommages estimé par le sinistré, soit, suivant les cas :

- L'indemnisation plus l'ajout personnel pour remettre en l'état initial, qu'il s'agisse de pertes directes ou a posteriori ;
- Concernant les commerces, les pertes d'exploitation estimées sont comprises dans le coût ;
- La valeur estimée à neuf par l'assureur.

Les frais occasionnés par le nettoyage :

- Sont pris en compte lorsque ceux-ci sont conséquents et estimés (destructions importantes, appel à une entreprise) ;
- Ne sont pas pris en compte lorsque le nettoyage se réduit à un coup de jet et quelques produits d'entretien. Il existe tout de même un coût financier (de l'ordre de 100-150 euros), en terme de temps de nettoyage (4-8h), et en terme de temps de séchage (plusieurs semaines à plusieurs mois selon les conditions climatiques).

#### Résultats

La moyenne arithmétique des dommages constatés chez les personnes rencontrées est calculée :

Tableau 58 : Coût de l'inondation de 1995

Coût inondation 1995	Moyenne arithmétique
Habitat récent touché qu'en 1995	142 kF (21,65 K€)
Habitat ancien touché en 1995 et 1999-2000	139 kF (21,19 K€)

Ces valeurs sont à rapprocher des estimations faites sur l'habitat lors de la crue de 1995 par :

- L'EPALA : 145 kF ;
- Des assurances dans l'étude CNR 1998 : 43 kF ;
- L'assureur MMA : entre 48 et 88 kF (ambiguïté sur le fait que les 125 dossiers étudiés se situent soit à Cheffes sur Sarthe, soit dans les basses vallées angevines) et 6MF sur l'ensemble des dossiers traités à Cheffes sur Sarthe ;
- Le MATE (étude concernant les inondations en Bretagne durant l'hiver 2000-2001, BCEOM, 2001) : entre 40 et 130 kF (valeurs extrêmes : 6 et 350 kF).

Tableau 59 : Coût total sur l'habitat lors de la crue de 1995.

	Nbre total de maisons	% de maisons inondées	Coût total moyen
Habitat traditionnel touché en 1995 et 1999-2000	243	92%	31,1 MF
Habitat récent touché uniquement en 1995	76	85%	9,2 MF
total	319	90%	40,3MF
			6,14 M€

Concernant les inondations de 1999-2000, sauf cas particuliers, le montant des dommages est très faible et indépendant de l'aléa. La moyenne arithmétique et la médiane donnent des valeurs comprises entre 5 et 7kF (1 K€) par maison. Le coût total sur l'habitat s'élève pour la crue de 1999-2000 à 800kF (122 k€).

Le montant des dommages sur les bâtiments et la voirie urbaine dans le bourg de Cheffes sur Sarthe s'élève à 4,6MF (700 K€). La mairie a aussi en charge la réfection des chemins ruraux (1,45 MF, soit 200 K€).

Le coût sur les réseaux prospectifs est qualifié de négligeable par EDF et la SAUR pour les dernières inondations. En effet, le coût généré par les inondations est budgétisé à la ligne "risque climatique". Le coût des dernières inondations n'a pas dépassé cette ligne budgétaire.

Le montant total des dommages sur l'ensemble des commerces et activités visités lors de cette étude en 1995 s'élève à 1,5MF (228 K€). Deux activités (salon de coiffure et TEM) n'ont pas répondu à notre enquête, le montant des dommages subis n'est donc pas compris dans ce montant. Ce coût est à rapprocher des résultats de l'étude concernant les inondations en Bretagne durant l'hiver 2000-2001 (BCEOM, 2001 pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement). Les montants moyens sont de l'ordre de 350 à 600 kF (valeurs extrêmes : 10 et 2 500 kF). A Cheffes sur Sarthe, le dommage moyen sur les activités est évalué à 170 kF (valeurs extrêmes 50 et 400 kF).

Pour la crue de 1999-2000, le montant total des dommages (directs et indirects) s'élève à 120 kF (18,3 K€).

Tableau 60 : Synthèse des coûts totaux des inondations de 1995.

Coût total	L'habitat	Les activités	Le domaine public	Total
Médian	3 720 K€	228 K€	900 K€	4 890 K€
Moyen	6 140 K€			7 320 K€

Le coût global (dommages sur l'habitat, les commerces et incombant à la commune) des inondations de 1995 sur le bourg de Cheffes sur Sarthe et les hameaux situés au Nord-Est du bourg s'élèvent à 32,1 MF (4,89 M€) en considérant comme coût unitaire sur l'habitat la médiane des valeurs de l'échantillon, et 48,0 MF (7,32 M€) en considérant comme coût unitaire sur l'habitat la moyenne arithmétique des valeurs de l'échantillon.

Pour les inondations de 1999-2000, ce montant s'élève à 1MF (152 K€) et est négligeable pour les inondations de 2001.

Tableau 61 : Coût global des inondations historiques.

Crue de type	Période de retour (année)	Coût global moyen
2001	3	0
1999-2000	20	168 k€
1995	300	730 k€

Le coût moyen annuel en considérant les occurrences retenues s'élève à :

- 165 K€ (1 100 kF) pour un coût médian ;
- 240 K€ (1 600 kF) pour un coût moyen.

En considérant l'incertitude sur les périodes de retour des crues et le montant des dommages, le coût moyen annuel se situe dans la fourchette :

- 157 - 297 K€ pour un coût médian ;
- 226 - 433 K€ pour un coût moyen.

A titre comparatif, le coût moyen annuel des principales villes touchées est calculé dans l'étude CNR 1998 :

Tableau 62 : Coût moyen de l'étude CNR de 1998.

Coût moyen annuel	En K€	Bâti touché par la crue de référence
Segré	4.73	
Craon	17.53	
Laval	56.41	
Sablé	100.62	
Le Mans	838.47	
Alençon	77.14	
Durtal	7.93	48 maisons + 1 usine
La Flèche	147.42	
Le Lude	6.10	1 entreprise
Montoire	26.98	Centre ville + 11 maisons + 2 step
Vendôme	109.61	
Cloyes	15.55	
Chateaudun	23.78	
Bonneval	23.93	13 maisons, 1 hôpital, une step
Château-Gontier	23.02	
Angers	408.11	

Le coût moyen annuel à Cheffes sur Sarthe paraît fort au vu de l'importance modeste de la commune, mais reste cohérent au vu du nombre de bâtiments touchés.

Le coût est en grande partie imputable aux dommages générés sur le bâti individuel pour des inondations d'une période de retour supérieure à 20 ans.

D'après les auteurs, ce constat conduit à penser que, d'un point de vue strictement financier, la protection du bâti pour des crues atteignant une occurrence au maximum vingtennale, ne semble pas justifiée. Cette approche sera développée et précisée lors du plan d'action.

## 14. Sarthe Amont

### Présentation

Titre de l'étude : Etude des zones d'expansion de crue sur les affluents de la Sarthe en amont du Mans et analyse des potentialités de préservation et de gestion

Lieu / étendue du territoire : Sarthe amont du Mans

Ouvrage(s) concerné(s) : Ouvrage d'écrêtement des crues par retenues sur le site du Gué Ory

Maître d'ouvrage : Institution Interdépartementale Bassin Sarthe amont

Prestataire : ASCONIT

Date : 2007

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Etude réalisée dans le cadre du SAGE.

### Evaluation des coûts

Les coûts d'investissement sont estimés entre 3,8 et 5,3 millions d'euros.

### Méthode

Cette étude est proche de celle de l'Huisne.

Quatre analyses multi-critères sont mises en place :

- Hiérarchisation des sous-bassins générateurs de crue ;
- Détermination des bassins potentiellement générateurs de crue ;
- Définition des potentialités de zone d'expansion de crue ;
- Evaluation et évolution de la vulnérabilité potentielle et des facteurs de crue.

### Hiérarchisation des sous-bassins générateurs de crue

Cette étude permet de hiérarchiser les sous-bassins, puisque des critères favorables à la génération de crues sont mis en cohérence à l'échelle des zones hydrographiques et pondérés en fonction de leur importance dans la genèse du phénomène.

Ce travail n'est pas une étude de la vulnérabilité, son principe repose sur une analyse multicritères avec l'utilisation d'indicateurs permettant d'alimenter une première réflexion par rapport à la vulnérabilité du territoire et à son évolution.

Les critères retenus sont les suivants :

- Critères géomorphologiques :
  - o Pente longitudinale des cours d'eau<sup>25</sup> ;
  - o Densité du réseau hydrographique<sup>26</sup> ;
  - o Energie du bassin<sup>27</sup> ;
  - o Forme du réseau hydrographique ;
  - o Perméabilité des couches géologiques ;

---

<sup>25</sup> Les cours d'eau dont la pente est la plus forte génèrent des pics de crue plus intenses et se propagent rapidement, en raison des vitesses d'écoulement élevées, les potentialités d'expansion de crue de ces cours d'eau sont réduites, et cela accroît les risques d'inondation à l'aval.

<sup>26</sup> Plus un réseau est dense au sein d'un bassin est plus la concentration des écoulements risque d'être importante à l'exutoire.

<sup>27</sup> L'énergie du bassin traduit les variations de relief.

- o Importance des secteurs faillés<sup>28</sup> ;
- o Recalibrage des cours d'eau ;
- Critères hydrologiques :
  - o Débits spécifiques de crue décennale ;
  - o Pluviométrie annuelle moyenne ;
  - o Nombre de jours de gel ;
- Critères d'occupation du sol
  - o Proportion des surfaces imperméabilisées ;
  - o Proportion des terres labourables ;
  - o Proportion des surfaces toujours en herbe ;
  - o Proportion des surfaces boisées ;
  - o Proportion des surfaces remembrées ;
  - o Proportion des surfaces drainées.

Suite à la lecture de l'état des lieux du SAGE, les auteurs constatent qu'il y a sept sous-bassins identifiés comme étant générateurs de crues selon les dires d'experts :

- La Sarthe de sa source à l'Hoëne ;
- Le Sarthon et ses affluents ;
- La Sarthe du Sarthon à l'Hoëne ;
- La Sarthe de l'Ornette à la Vaudelle ;
- La Vaudelle et ses affluents ;
- La Sarthe de la Vaudelle à l'Orthe ;
- La Bienne de Rosay nord à la Sarthe.

#### Détermination des bassins potentiellement générateurs de crue

L'objectif de cette étude est de hiérarchiser les espaces selon des conjonctions de facteurs susceptibles d'influencer la capacité potentielle de génération de crue, sans pointer un état ou des acteurs qui seraient générateurs de crue. Pour cela, les auteurs parlent de bassins potentiellement générateurs de crue. Seule une étude hydraulique permettrait de déterminer l'implication réelle de chaque bassin.

Les critères retenus sont les suivants :

Tableau 63 : Critères de l'étude « Détermination des bassins potentiellement générateurs de crue ».

Zone hydrographique	Critères
Ornette	Débit Pluviométrie Pente des cours d'eau Densité Energie Remembrement Forme du réseau hydrographique
Sarthon	Débit Pluviométrie Densité du réseau hydrographique

<sup>28</sup> La présence de failles peut favoriser ponctuellement l'infiltration des écoulements.

	Recalibrage Remembrement
Vaudelle	Pluviométrie Débit Densité hydrologique Densité failles Surfaces boisées Terres labourables
Merdereau	Débit Densité hydrologique Pluviométrie Forme du réseau hydrologique
Sarthe à sa source	Pente des cours d'eau Recalibrage Pluviométrie Remembrement Densité hydrologique
Orne Saosnoise aval	Débit Recalibrage Surfaces boisées Terres labourables Surfaces drainées Remembrement Densité failles
Orthe	Débit Recalibrage Pluviométrie Densité hydrologique

#### Définition des potentialités de zone d'expansion de crue

Cette étude permet de déterminer les zones potentielles d'expansion de crue, c'est-à-dire les espaces naturels non urbanisés ou non artificialisés qu'il sera possible de protéger ou de restaurer afin de laisser « s'étaler » les eaux en crue pour préserver les zones soumises au risque inondation en aval.

Les critères géomorphologiques retenus sont les suivants :

- Zone altimétrique ;
- Formations alluviales et colluviales ;
- Pente des versants ;
- Zones humides potentielles ;
- Point de resserrement latéral du lit majeur.

La détermination des zones d'expansion de crue est réalisée en considérant les facteurs suivants : l'âge des alluvions et les pentes. Une plus grande importance a été accordée à ce premier facteur en limitant le résultat à la zone altimétrique de 10 mètres. Les zones humides sont ensuite incluses. Ce critère est utilisé pour déterminer parmi les zones potentiellement inondables, celles dont les modalités de gestion tendront essentiellement vers la protection des milieux, notamment parce que des zones humides ont disparu en raison de l'action anthropique.

Quatorze sites ont été visités. Seuls quatre à cinq sites semblent offrir des possibilités de surinondation sans risque majeur sur les enjeux environnants.

Evaluation et évolution de la vulnérabilité potentielle et des facteurs de crue

Les critères retenus sont :

- Critères liés à la vulnérabilité potentielle :
  - o Occupation du sol ;
  - o Bâti et la densité du bâti ;
  - o Densité de population ;
  - o Proportions d'habitants en maison individuelle ;
- Critères liés à l'évolution de la vulnérabilité potentielle :
  - o Présence d'un PPRI ;
  - o Evolution de la population ;
  - o Evolution du nombre d'habitants en maison individuelle ;
- Critères liés à l'évolution des facteurs de crue :
  - o Evolution des surfaces imperméables ;
  - o Evolution des surfaces toujours en herbe ;
  - o Evolution des terres labourables ;
  - o Evolution des surfaces drainées.

Tableau 64 : Classification et pondération des critères étape par étape.

ETAPE	CRITERES	PONDE- RATION	INDICE DE PONDERATION DE POTENTIALITE DE L'EXPANSION DE CRUE						Intervalle
			Null	Défavorable			Favorable		
			0	1	2	5	10	20	
HIERARCHISATION BASSINS GENERATEURS DE CRUE	pente longitudinale des cours d'eau	3		0 à 0.001	0.001 à 0.005	0.005 à 0.013	0.013 à 0.020	0.20 à 0.024	[... à ...[
	densité du réseau hydrographique (km.km <sup>2</sup> )	3		0.21 à 0.35	0.35 à 0.6	0.6 à 0.85	0.85 à 0.98	0.98 à 1.12	[... à ...[
	energie du bassin	3		0.006 à 0.009	0.009 à 0.013	0.013 à 0.02	0.02 à 0.028	0.028 à 0.038	[... à ...[
	allongement bassin	3		2.5 à 3.1	2.1 à 2.5	1.9 à 2.1	1.4 à 1.9	0 à 1.4	[... à ...[
	perméabilité couches géologiques	5		q3, q2	j3, j2	e2g, j1, o, k, b2	e2, c1, s	c2	
	densité du réseau faillé (km.km <sup>2</sup> )	2		0.22 à 0.39	0.12 à 0.22	0.05 à 0.12	0.01 à 0.05	0 à 0.01	[... à ...[
	pluviométrie (moyenne annuelle)	5		660 à 680	680 à 750	750 à 790	790 à 850	850 à 870	[... à ...[
	débits de crue (Q10 et Q10/A)	5		Non évalué	5.2 à 11.3	11.3 à 15	15 à 17.4	17.4 à 47	[... à ...[
	surfaces imperméabilisées (%)	1		0 à 1	1 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 44	[... à ...[
	surfaces boisées (%)	1		20 à 30	15 à 20	10 à 15	5 à 10	0 à 5	[... à ...[
	terres labourables (%)	1		20 à 30	30 à 35	35 à 45	45 à 55	55 à 65	[... à ...[
	surfaces toujours en herbe (%)	1		30 à 40	25 à 30	20 à 25	15 à 20	10 à 15	[... à ...[
	surfaces drainées (%)	1		0 à 5	5 à 8.5	8.5 à 11	11 à 15	15 à 22	[... à ...[
	communes remembrées (%)	2		4 à 30	30 à 50	50 à 60	60 à 80	80 à 88	[... à ...[
recalibrage des cours d'eau (%)	3		0			30 à 50	50 à 100	[... à ...[	

<b>POTENTIALITES EXPANSION DE CRUE</b>	zone altimétrie relative au cours d'eau	1	>10m					<=10m	
	formations alluviales et colluviales	6	LP		F, Fv	Fw, Fx, AC, C	Fy	Fz, Fyz	
	pente (%)	5	0	>10	5.5 à 10	2.5 à 5.5	1 à 2.5	0 à 1.5	[... à ...]
	zone humide	3					probabilité moyenne	probabilité forte	
<b>VULNERABILITE POTENTIELLE</b>	points de resserrement latéral des vallées	1	absence					présence	
	type d'occupation du sol (2000)	3		13 ; 32 à 52	14 ; 31	21 à 24	122	11 ; 121 ; 123 ; 124	
	bâti et densité du bâti	5	absence					présence	
	densité de population (hab/km <sup>2</sup> en 1999)	1		0 à 25	25 à 55	55 à 90	90 à 150	150 à 2900	[... à ...]
<b>EVOLUTION VULNE- RABILITE</b>	proportion d'habitants en maison individuelle (% en 1999)	1		38 à 75	75 à 85	85 à 90	90 à 95	95 à 100	[... à ...]
	présence d'un PPRI	1	oui					non	
	évolution de la population (% 1990-1999)	3	-35 à 0	0 à 6	6 à 13	13 à 22	22 à 32	32 à 56	[... à ...]
<b>EVOLUTION FACTEURS CRUES</b>	comparaison nombre d'habitants en maison individuelle avant 82	2		<0.9	0.9 à 1	1 à 1.05	1.05 à 1.2	>1.2	[... à ...]
	imperméabilisation des surfaces (% 1990-2000)	1		0 à 1	1 à 6	6 à 11	11 à 20	20 à 27	[... à ...]
	évolution des surfaces toujours en herbe (% 1988-2000)	1		-25 à -15	-35 à -25	-40 à -35	-45 à -40	-51 à -45	[... à ...]
	évolution des terres labourées (% 1988-2000)	1		2 à 7	7 à 11	11 à 20	20 à 30	30 à 41	[... à ...]
	évolution surfaces drainées (% 1988-2000)	1		7 à 15	15 à 30	30 à 45	45 à 65	65 à 97	[... à ...]

D'après les auteurs, d'une manière générale sur l'ensemble du bassin du SAGE, la vulnérabilité potentielle est modeste, essentiellement en raison du caractère rural du territoire. Néanmoins cette affirmation est à moduler selon les espaces d'où l'intérêt que représente l'analyse multi-critères dans une approche de classification et de hiérarchisation. Les vulnérabilités les plus importantes se situent dans la vallée de la Sarthe au sein des principales communes.

Sur l'ensemble du périmètre du SAGE, aucun espace où la vulnérabilité risque d'évoluer fortement n'est identifié, elle reste modérée et elle évolue de façon plus modeste sur l'ensemble des affluents que dans la vallée de la Sarthe. Néanmoins certains se distinguent puisqu'ils présentent des risques « potentiellement plus importants » que les autres. Il s'agit de l'Orne Saosnoise, la Dive, l'Ornette, la Briante et la Vésone

## 15. Varennes le Grand

### Présentation

Titre de l'étude : Etude de protection rapprochée des lieux habités contre les inondations de la commune de Varennes Le Grand

Lieu / étendue du territoire : Varennes Le Grand

Maître d'ouvrage : EPTB Saône et Doubs

Prestataire : BCEOM

Date : 2006

Niveau d'échelle : Micro

Coût : 15 000 euros HT

### Objectif

Justifier les coûts de travaux pour les Conseils Généraux et l'Etat.

### Evaluation des coûts

Les frais d'investissement, de fonctionnement et d'entretien sont évalués en fonction du type de protection (les acquisitions foncières ne sont pas prises en compte).

### Evaluation des dommages

Les montants de dommages estimés ont été comparés avec ceux obtenus par la MRN.

Le formulaire d'enquête prend en compte trois types de coûts :

- Le montant pris en charge par l'assurance ;
- Le montant des dommages estimé par le riverain ;
- Le coût des mesures de protection mises en place.

Habitation : coût par habitation et au m<sup>2</sup>.

L'évaluation du coût total des dommages sur le quartier correspond à la valeur moyenne des dommages multipliée par le nombre (ou la somme des surfaces pour le calcul au m<sup>2</sup>) des maisons inondées.

L'évaluation du coût des dommages de crue à l'état actuel est réalisée selon la méthode suivante :

- Synthèse des enquêtes de terrain concernant le coût des dommages inondation ;
- Comparaison des coûts en fonction de l'étude déjà réalisée dans la région et réajustage ;
- Définition d'un coût global pour chacune des crues historiques étudiées (récentes) ;
- Evaluation du coût moyen annuel à partir de la courbe du coût en fonction de la fréquence de la crue.

Le coût des dommages a été évalué :

- A partir des enquêtes de terrain pour la crue de 2001 et d'une évaluation pour la crue de 1983 ;
- Par une étude de la DIREN sur la vulnérabilité vis-à-vis des inondations de plusieurs communes du val de Saône avec une évaluation des coûts de la crue de 2001.

Tableau 65 : Evaluation des dommages aux habitations.

	1983 : 7 maisons inondées		2001 : 5 maisons inondées		
	Pris en charge assurance habitation	Coût m <sup>2</sup>	Pris en charge assurance habitation	Coût estimé par riverains par habitation	Coût m <sup>2</sup>
Moyenne	7 100 €	87 €	4 167 €	7 250 €	49 €
Coût total	497 700 €	64 133 €	20 833 €	36 250 €	25 496 €

Le nettoyage des voiries a été réalisé par un employé communal. Le coût de ce travail a été estimé à 900 euros en 2001. Le coût en 1983 n'a pas été évalué mais il a été supposé du même ordre de grandeur.

### Résultats

Une évaluation du coût des dommages évités pour chaque scénario d'aménagement a été réalisée sur la base du coût des dommages chiffré d'après l'enquête de terrain : il dépend du nombre de maisons inondées (et de leur superficie) auquel est ajouté le coût de nettoyage des voiries après la crue.

Une simple comparaison avec les coûts du projet (digue) a permis de conclure qu'il n'était pas pertinent de commander la tranche conditionnelle. Par contre, l'étude suggère que la commune s'engage pour un travail sur la réduction de la vulnérabilité.

## 16. Meuse

### Présentation

Titre : Etude et modélisation des crues de la Meuse. Etablissement Public d'Aménagement de la Meuse et de ses Affluents

Lieu / étendue du territoire : Bassin versant de la Meuse

Maître d'ouvrage : EPAMA

Prestataire : BCEOM

Date : 2001

Niveau d'échelle : Macro

Coût : 686.000 euros, dont 152.000 euros pour la topographie et 76.000 euros pour le volet économique

### Objectif

L'Etat et la direction de l'EPAMA ont souhaité disposer d'éléments objectifs de choix des aménagements (D4E, 2007).

### Evaluation des dommages

Une carte de l'occupation des sols, a été réalisée à l'échelle du 1/10.000 et restituée à l'échelle du 1/25.000, en utilisant les cartes IGN, des reconnaissances de terrain, des photographies aériennes et une enquête auprès des 174 communes riveraines.

La typologie retenue est la suivante :

- Centre ville ;
- Habitat hors centre ville ;
- Zone d'activité industrielle et commerciale ;
- Biens publics et équipements collectifs ;
- Réseau routier ;
- Terres cultivées. (Corine Land Cover) ;
- Autres (forêts, prairies, broussailles, friches, plan d'eau) (Corine Land Cover).

Les données ont été croisées afin d'estimer le coût réel des inondations historiques : 1983, 1993 et 1995. Les résultats issus de l'étude sur l'Orne réalisée par le BCEOM en 1997<sup>29</sup> ont également été calés et ajustés.

Le coût lié aux dommages subis par les particuliers sur les habitations est particulièrement difficile à obtenir. Dans les Ardennes, il s'élève entre 150 et 200 MF pour 93 et entre 200 et 440 MF pour 95. Ces coûts ont été reconstitués par enquête auprès des services de l'Etat, des assureurs...

Les courbes d'endommagement ont été calées sur les coûts obtenus pour les crues de décembre 1993 et janvier 1995. Ces courbes ne s'appliquent donc pas à un bien mais à l'ensemble du territoire de l'étude

---

<sup>29</sup> BCEOM-SAGERI – Etude économique des crues de l'Orne. Syndicat mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant, 1997

## Résultats

Tableau 66 : Coûts caractéristiques des dommages engendrés par les crues de la Meuse en situation actuelle.

	Coût de la crue 10 ans (M €)	Coût de la crue 100 ans (M €)	Coût moyen annuel (M €/an)
Meuse médiane (Meuse + Vosges)	45	88	25
Meuse aval (Ardennes)	91	290	30
Meuse totale modélisée	137	380	55

## 17. Rhône aval

### Présentation

Titre de l'étude : Inondations du Rhône et de ses principaux affluents de décembre 2003 en aval de Viviers dans les départements de la Drome, de l'Ardèche, du Gard, du Vaucluse et des Bouches du Rhône

Lieu / étendue du territoire : Totalité du territoire inondé par le Rhône en 2003

Maître d'ouvrage : DIREN Rhône Alpes et DIREN Languedoc Roussillon

Date : 2005

Niveau d'échelle : Macro

### Objectif

Assurer un retour d'expérience qui constitue une sorte de biographie succincte de l'événement, qui dresse un inventaire des désordres occasionnés dans différents domaines, et qui recense les différents coûts associés. Sans prétendre à une exhaustivité impossible à atteindre, elle tente de balayer le plus grand nombre de domaines possibles sur une zone géographique s'allongeant sur plus de 150 km.

### Evaluation des dommages

Des missions de terrain ont été organisées sur indication des personnes enquêtées pour visualiser les désordres les plus remarquables. Toutefois, ces visites tardives, un an après la crue, ont plus permis d'analyser l'avancement des travaux de reconstruction que d'observer réellement les dégâts.

Des enquêtes téléphoniques et entretiens directs ont été mis en place (entre octobre 2004 et janvier 2005) auprès de plus de 85 organismes (préfectures, DDAF, DDE, DIREN, Conseils Généraux, Conseils Régionaux, DRIRE, Chambres du commerce, Chambre des Métiers, Chambres d'Agriculture, EDF, GDF, France Télécom, CNR, VNF, RFF, SNCF, SAUR, Mairies, Syndicats) pour approcher une estimation des principaux dommages économiques causés par la crue dans de nombreux domaines, à l'exception des dommages aux particuliers.

Quatre évaluations des dommages sont effectuées en fonction des données récoltées :

- Les enquêtes (y compris les estimations avancées à partir des données FFSA), sur de nombreux domaines ;
- Le calcul automatique, pour les dommages des habitations, des activités économiques et de l'agriculture. Ces résultats sont présentés, d'après les rapports issus des études EPTB Territoire Rhône, en valeur TTC ;
- La méthodologie MRN pour les dommages aux particuliers et aux entreprises. Elle fournit des chiffres en valeur TTC ;
- Le rapport Perriez. Il s'agit d'un rapport commandé par les ministères à l'Inspection Générale de l'Environnement et à l'Inspection Générale de l'Industrie et du Commerce pour évaluer dans un délai très court après la crue, les dommages subis par plus de 20 départements touchés par les inondations survenues du 1<sup>er</sup> au 5 décembre 2003. Cette mission a été réalisée en un temps très bref, entre le 9 et le 18 décembre. Elle s'est intéressée aux grandes catégories suivantes : agriculture, économie, voirie, réseaux eau et EDF/GDF/France Télécom, patrimoine public autre, rivières/littoral/voies navigables, déchets d'inondation, particuliers.

L'information a été recueillie auprès des services, qui malgré le peu de temps dont ils disposaient ont essayé de fournir des données crédibles. Les auteurs précisent que ce rapport ne prétend pas à une précision qu'il est impossible d'atteindre 15 jours après la crue, mais il est particulièrement intéressant, plus d'un an après, de pouvoir comparer ces résultats avec ceux de l'enquête a posteriori.

## Résultats

Tableau 67 : Dommages aux particuliers, à l'économie et à l'agriculture.

	Habitat		Economie		Agriculture	
	Calcul automatique	Méthode MRN	Calcul automatique	Enquête	Calcul automatique	Enquête
Ardèche	1 725 594	2 866 360	0	369 986	423 123	132 000
Bouche du Rhône	74 723 800	199 286 800	177 970 315	250 058 113	38 500 083	7 974 293
Drome	5 147 095	4 415 400	0	149 917	863 331	43 497
Gard	122 501 613	386 085 000	116 056 598	110 342 972	75 726 785	16 924 658
Vaucluse	34 614 835	114 666 000	3 254 334	797 688	6 029 513	4 145 248
Total	238 712 936	707 319 560	297 281 247	361 718 676	121 542 835	29 219 696

Tableau 68 : Estimation du nombre de personnes touchées par le calcul automatique.

Population touchée par	Moins de 0,5 m d'eau	Moins de 1,5 m d'eau	Plus de 1,5 m d'eau	Total
Ardèche	0	72	12	11
Bouche du Rhône	288	13 391	1003	10 660
Drome	183	457	190	686
Gard	477	8 319	7 254	10 600
Vaucluse	74	755	4 926	3 880
Total	1022	22 994	13 385	25 837

Cette population touchée est traitée sans considération des hétérogénéités au sein du casier ; même si les casiers sont définis en tenant compte des enjeux, il n'est pas possible d'effacer l'incidence de ces hétérogénéités qui concernent :

- La topographie : buttes, remblais, dépressions ;
- La répartition géographique des populations ;
- La répartition verticale des populations : habitations à étages ;
- La variabilité de l'aléa en zone habitée (zones d'écoulement ou d'eau morte selon les rues etc...).

L'affectation d'un résultat à une commune ou à sa voisine est réalisée sans pouvoir prendre en compte ces hétérogénéités intra casier, par un croisement au prorata des superficies croisées.

## 18. Huisne

### Présentation

Titre de l'étude : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin de l'Huisne - Diagnostic global et tendances d'évolution

Lieu / étendue du territoire : Bassin de l'Huisne

Maître d'ouvrage : Institution Interdépartementale du bassin de l'Huisne

Prestataire : ASCONIT et IDEA

Date : 2004

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Etude du risque inondation au regard de l'évolution de l'OS.

### Méthode

Quatre études ont été menées : « Identification des secteurs à risque d'érosion » ; « Évaluation du lessivage de l'azote d'origine agricole » ; « Identification des secteurs sensibles à l'eutrophisation » ; et l'étude inondation.

La méthode générale suivie est la suivante :

- Dresser la liste des aspects pris en compte ;
- Dresser la liste des critères à prendre en considération pour chacun d'entre eux ;
- Établir un « tableau des performances » ou « matrice de jugement » (évaluation des critères sur une échelle exponentielle allant de 1 à 20 afin de bien discriminer les extrêmes). Pour cela, d'après les auteurs, il n'est pas toujours nécessaire de collecter l'information de manière détaillée, un raisonnement par seuil étant la plupart du temps suffisant et conforme à l'esprit de nombreux textes réglementaires qui préconisent des valeurs limites à respecter. Les valeurs attribuées à chaque critère peuvent correspondre à la mise en classe de valeurs continues (ex. densité de population, surfaces cultivées), à des classes de valeurs préétablies (ex. de la qualité des eaux au travers du SEQ eau), à une hiérarchisation et un classement relatif de valeurs qualitatives (ex. de la ripisylve) ;
- Agréger ces performances de manière cartographique, dans un premier temps par thème, puis enfin dans leur totalité afin d'obtenir une cartographie de synthèse. Chaque critère ou chaque thème peut aussi être pondéré (introduction d'un coefficient multiplicateur) afin de donner plus de poids à certains éléments.

Nous allons nous concentrer, dans ce résumé, sur l'étude inondation. L'objectif de cette étude est double :

- Un exposé des informations existantes sur les zones inondables déjà reconnues ;
- Une hiérarchisation des potentialités d'expansion de crue sur les espaces environnant les principaux affluents de l'Huisne.

L'objectif final est de localiser des sites à prospecter dans le cadre, au minimum, d'une préservation des zones d'expansion de crue, ou pouvant recevoir des aménagements permettant l'écrêtement des crues (type levée transversale) ou encore faire l'objet d'une restauration d'éléments naturels en mesure de freiner les écoulements comme une ripisylve dense ou des zones humides.

Trois analyses sont prises en compte :

- Zones inondables et potentialité d'expansion des crues ;
- Hiérarchisation des sous-bassins versants au regard de la génération des crues ;
- Vulnérabilité potentielle et facteurs d'évolution du risque inondation.

Les critères des études sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 69 : Les critères de l'étude sur le bassin de l'Huisne.

Thèmes et critères	VALEURS pour AMC					
	0	1	2	5	10	20
<b>1- Zones inondables déjà identifiées</b>						
PPR inondation						
Atlas départementaux DIREN						
Zones d'expansion identifiées dans l'étude BRL						
<b>2- Hierarchisation d'inondabilité et potentialité d'expansion de crue: "uniput4.shp"</b>						
Zone d'étude altimétrique (10 m au dessus des cours d'eau)	en dehors	en dedans				
Pentes du lit mineur	Indice correspondant à la moyenne des valeurs du critère pente par sous partie du lit mineur					
Pentes générales		+ de 20%	10% - 20%	5% - 10%	2,5% - 5%	1 - 2,5%
Formations géologiques: alluvions et colluvions	Lp (limons des plateaux)		Fw, Fw-x, Rb, Cf, Ce	Fx, RC1, C, SGH, CRb, SRb	Fy, T (tourbières)	Fz
Points de resserrement naturels	absence					présence
Points de resserrement anthropiques	absence					présence
<b>3- Facteurs influençant la vulnérabilité: "univuln3.shp"</b>						
Présence de bâti	absence					présence
Occupation du sol 1: Corine Land Cover agrégé		13, 24, 32, 33, 4, 8	14, 31,	21, 22, 23	122	11, 121, 123, 124
Occupation du sol 2: polygones terrain hors bâti		Zones humides, plans d'eau, friches	Zones boisées et espaces verts artificialisés	Terres Labourées, Prairies, Vergers	Routes	
Densité par commune (en habitants/km <sup>2</sup> )		0 - 17	17 - 34	34 - 84	84 - 500	+ de 500
Nombre d'habitants en maisons individuelles sur le nombre total d'habitants		0,52 - 0,86	0,86 - 0,96	0,96 - 0,98	0,98 - 0,995	0,995 - 1
<b>4- Hierarchisation des sous bassins versants au regard de la génération des inondations: "union6.shp"</b>						
Pente longitudinale du cours d'eau (accentuation de la vitesse d'écoulement)		0 - 0,001	0,001 - 0,003	0,003 - 0,005	0,005 - 0,007	0,007 - 0,011
Allongement, forme du bassin versant (Km <sup>2</sup> /km)		2 - 2,5	2,5 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6,8
Imperméabilité des couches géologiques			Crétacé supérieur	Jurassique supérieur, éocène moyen et supérieur	Crétacé inférieur, Jurassique moyen	Holocène, Pléistocène moyen et supérieur
Failles	présence					absence
Linéarité-sinuosité locale des cours d'eau (identification rivières "remaniées")		0,85-0,86	0,86-0,88	0,88-0,9	0,9-0,93	0,93-0,95
Ripisylve		Bon état	malgré, discontinue ou dégradée		Ligne d'arbres plantés, arbres isolés, ronces, coupée	Nulle
Occupation du sol par les cultures (en % du sous bassin versant). Pondération 0,25		22 - 30	30 - 38	38 - 46	46 - 56	56 - 68
Occupation du sol par les surfaces toujours en herbe (en % du sous bassin versant). Pondération: 0,25;		28 - 36	22,5 - 28	18 - 22,5	13 - 18	10 - 13
Occupation du sol par les forêts (en % du sous bassin versant). Pondération 0,25 colonnes: "Zboisso" & "Valboisso"		25 - 30	15 - 25	8 - 15	3 - 8	0 - 3
Occupation du sol par les zones imperméabilisées (en % du sous bassin versant). Pondération 0,25		0-1	1-2	2-3,5	3,5-7,5	7,5-15
Surfaces remembrées par commune (ramenées à la surface communale)	0	0-0,1	0,1-0,33	0,33-0,66	0,66-0,88	0,88-1
Surfaces drainées (ramenées à la Sau communale)	0	0-0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	0,14-0,36	0,36-0,8
Pluviométrie Pj10. hauteurs cumulées en 1 jour (en mm) de précipitations de retour de 10 ans		37 - 40	40 - 43	43 - 46	46 - 49	49 - 52
Q10 spécifique (débit exceptionnel de retour de 10 ans rapporté à la surface du sous-bassin)		0,04-0,06	0,06-0,08	0,08-0,1	0,1-0,12	0,12-0,14
<b>Facteurs influençant l'évolution</b>						
Evolution des STH par sous bassins (en %)		-21 - -4	-29 - -21	-36 - -29	-39 - -36	-5
Evolution des terres labourées par sous bassins (en %)		-7 - -5	-5 - 4	4 - 11	11 - 17	17 - 43
Evolution de la population	< 0	0 - 3,6		3,6 - 7	7 - 15	15 - 30
Comparaison entre la proportion de personnes habitants dans des maisons individuelles construites avant 82 et la proportion de ceux habitants dans des MI datant d'après 82	< 0,8			1 - 1,03	1,03-1,1	1,1 - 1,6

## Zones inondables et potentialité d'expansion des crues

Les critères retenus sont les suivants :

- Données existantes :
  - o PPRI sur l'Huisne ;
  - o Zones inondables déjà identifiées ;
  - o Sites potentiellement récepteurs d'ouvrages écrêteurs de crue ;

- Critères milieu naturel :
  - o Définition d'une zone d'étude selon l'altimétrie relative au cours d'eau ;
  - o Formations alluviales et colluviales ;
  - o Carte générale des pentes ;
  - o Pentas du lit mineur ;
  - o Points de resserrement latéral du lit majeur.

Une carte de synthèse restitue les zones où la probabilité de submersion est plus élevée. Onze secteurs, qui présentent un élargissement notable des zones inondables favorables à l'expansion des crues et aux inondations, sont répertoriés.

Hiérarchisation des sous-bassins versants au regard de la génération des crues

La hiérarchie des unités de gestion a été déterminée selon des facteurs en mesure d'influer sur la génération des crues (vitesse des écoulements, temps de réponse aux épisodes pluvieux des bassins, etc.). Cette hiérarchie doit mettre en relief les unités de gestion où les facteurs favorables à la génération des crues se cumulent et qui, par conséquent, doivent faire l'objet d'une attention particulière notamment vis-à-vis de types d'occupations du sol qui tendent à accentuer le ruissellement.

Les critères retenus sont les suivants :

- Critères des milieux naturels :
  - o Pente longitudinale des cours d'eau ;
  - o Forme des sous-bassins versants ;
  - o Imperméabilité des couches géologiques
  - o Secteur faillé ;
  - o Pluviométrie exceptionnelle Pj10 ;
- Critères liés aux cours d'eau :
  - o Sinuosité locale des cours d'eau ;
  - o Ripisylve ;
  - o Débit de crue décennale spécifique (Q10spé) ;
- Critères liés aux activités humaines :
  - o Occupation du sol non agricole ;
    - § Surfaces imperméabilisées ;
    - § Surfaces boisées ;
  - o Modifications du milieu liées aux activités agricoles :
    - § Terres labourables ;
    - § Surfaces toujours en herbe (STH) ;
    - § Surfaces drainées ;
- Communes remembrées.

Les résultats sont présentés sous forme de tableau.

Tableau 70 : Hiérarchisation des unités de gestion au regard de la capacité potentielle de génération des crues.

Unités de gestion	Capacité potentielle à la génération des crues
Prulay	Plus élevée
Chêne Galon	Plus élevée

Chippe	Plus élevée
Commeauche	Plus élevée
Corbionne	Plus élevée
Donnette	Plus élevée
Cloche	Plus élevée
Rhône	Plus élevée
Erre et Chèvre	Plus élevée
Dué	Plus élevée
Huisne 1 amont	Moyenne
<b>Vilette</b>	Moyenne
Huisne 3 Rémalard	Moyenne
Huisne 4 Condé	Moyenne
Huisne 5 Nogent	Moyenne
Huisne 6 La Ferté B.	Moyenne
Même et Coudre	Moyenne
Narais	Moyenne
Huisne 7 Sarthe	Faible
Huisne 2 Mauves	Faible
Montreteau	Faible
Vive Parence	Faible
Morte Parence	Faible

### Vulnérabilité potentielle et facteurs d'évolution du risque inondation

Le principe de cette analyse multi-critères repose sur une hiérarchisation des enjeux selon leur vulnérabilité ou l'utilisation d'indicateurs connexes notamment sur la question de l'évolution du risque.

Les critères retenus sont les suivants :

- Occupation du sol : Type d'occupation du sol ;
- Population et habitat :
  - o Bâti et densité du bâti ;
  - o Densité de population ;
  - o Type d'habitat : proportion d'habitants en maison individuelle ;
- Evolution de la vulnérabilité :
  - o Evolution de la population ;
  - o Comparaison du nombre d'habitants en maisons individuelles datant d'avant et d'après 1982 ;
- Evolution de facteurs influant sur la génération des crues :
  - o Evolution des surfaces toujours en herbe ;
  - o Evolution des terres labourées.

Trois espaces, où la vulnérabilité potentielle aux inondations de l'Huisne apparaît comme importantes, sont mis en avant.

## 20. Sarthe

### Présentation

Titre de l'étude : Aménagements de clapets automatiques sur 6 barrages dans la Sarthe

Lieu / étendue du territoire : Sarthe

Ouvrage(s) concerné(s) : Clapets automatiques sur six barrages

Maître d'ouvrage : DDE Sarthe

Bureau d'étude : SAFEGE

Date : 2006

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

L'objectif est d'abaisser le niveau des Plus Hautes Eaux afin de diminuer les risques d'inondations et de réduire les zones inondées. Il est proposé pour cela de mettre en place des clapets automatiques.

### Evaluation des coûts

Les travaux consistent en :

- La préparation des accès aux barrages pour les travaux ;
- L'arasement des seuils existants et la démolition de certains ouvrages ;
- La préparation des formes de béton pour recevoir les clapets : reconstitution du seuil, ancrage des charnières, logement du vérin sur pile ;
- La fourniture et la mise en place des clapets et de leurs vérins de manœuvre ;
- La fourniture et la mise en place du dispositif de contrôle – commande : centrale hydraulique, automate programmable, alimentation électrique ;
- La remise en état d'ensemble.

Tableau 71 : Coût des travaux des ouvrages retenus.

Ouvrage	Montant TTC
Gué de Maulny	1 310 942
Enfer	841 537
Saint Georges	1 331 355
Chaoué	2 230 007
Spay Solution de base	2 236 107
Spay Solution variante	2 409 816
Sablé Solution de base	2 772 043
Sablé Solution variante 1	3 313 316
Sablé Solution variante 2	3 064 489
Total solution de base	10 721 994

Le coût d'exploitation d'un clapet comprend :

- La surveillance par un technicien, estimée à une visite d'une heure, par semaine, pendant les 4 mois d'exploitation (en hiver), soit 16 heures par site ;
- Une opération annuelle de remontée/effacement des clapets : 1 technicien pendant une demi-journée par site, soit 4 heures par site.

La maintenance des clapets comprend le traitement anti-corrosion des parties métalliques, ainsi qu'une intervention sur les systèmes hydrauliques et électriques, soit un total de 47 660€ HT par site (en moyenne) tous les 10 ans, soit 285 960 € HT pour les 6 sites.

#### Evaluation des dommages

L'estimation globale des dommages s'effectue à partir d'un repérage sur les cartes PPR du champ d'inondation. Celle-ci ne prendra en compte que les dommages aux habitations.

Le type de bâtiment repéré (simple habitation ou usine...) n'est pas distingué. Seules les habitations, qui sont épargnées par les eaux après aménagement de chacun des barrages, sont considérées. Les coûts sont estimés d'après « l'étude des crises hydrologiques du bassin versant de la Maine » effectué par la Compagnie Nationale du Rhône. Selon cette étude, le coût unitaire par habitation est le suivant :

- 6 555 € selon la préfecture de la Sarthe ;
- Entre 2 000 et 4 000 € selon le bureau d'étude Hydratec ;
- 22 100 € selon le Plan Loire Grandeur Nature.

Une valeur de 22 000 € est prise comme coût unitaire par habitation. Cette estimation élevée permet de compenser dans une certaine mesure, la non prise en compte des dommages sur les voiries, réseaux...

Pour chacun des barrages, le nombre d'habitations épargnées après aménagement de manière à obtenir un coût bilan/avantage est établi par cartographie. Ces estimations sont faites sur les crues centennales, crues à partir desquelles les impacts des aménagements sont globalement les plus importants. Il est à signaler que la cartographie représente uniquement les zones subissant le débordement des cours d'eau, et qu'elle ne prend pas en compte les phénomènes d'inondation par ruissellement venant de l'amont des bassins versants.

La comparaison des gains par rapport au coût d'aménagement des barrages sera effectuée sur la période de vie d'un barrage, soit 100 ans. Le coût de revient des barrages inclut donc le coût de mise en place des clapets ainsi que les coûts d'entretien sur 100 ans. En ce qui concerne les gains, au vu des résultats, l'analyse se base sur l'impact de la crue centennale.

Il est possible de comparer, le coût d'investissement sur une période donnée au coût de destruction d'une habitation. Il est supposé que le coût de destruction d'une maison est de 15 000 € en moyenne.

Les gains seront donc calculés sur le principe suivant :

- L'évaluation du nombre de maisons épargnées grâce aux aménagements lors du passage de la crue centennale (détermination par cartographie) ;
- Le calcul de l'économie équivalente ;
- La pondération du gain par la probabilité d'obtention de l'événement crue centennale sur une période de 100 ans (soit 63 %).

#### Résultats

Tableau 72 : Ratio gain/ coût et nombre d'habitants épargnés.

Aménagement des barrages	Ratio (Gain/ Coût de l'aménagement)	Nombre d'habitants épargnés
Barrage de Spay-sur-Sarthe : solution de base	0,23	42
Barrage de Spay-sur-Sarthe :	0,22	42

variante		
Barrage de Chaoué	0,1	18
Barrage de St Georges	Très faible	
Barrage de Chaoué et de St Georges	0,23	69
Barrage de Gué de Maulny	0,6	74
Barrage d'Enfer	Très faible	
Barrage de Sablé-sur-Sarthe : solution de base	0,36	76
Barrage de Sablé-sur-Sarthe : variante 1	0,31	76
Barrage de Sablé-sur-Sarthe : variante 1	0,33	76

D'après les auteurs, au vu des résultats hydrauliques, l'aménagement du barrage de Chaoué doit s'accompagner de celui de barrage de Saint Georges. D'autre part, le phasage des opérations devra tenir compte des contraintes liées aux travaux de génie civil. Ainsi, si le barrage d'Enfer est aménagé, il pourra être intéressant de le grouper avec celui du Gué de Maulny.

## 21. La Truchère

### Présentation

Titre de l'étude : Etude de restauration du casier d'inondation de Préty – Lacrost – La Truchère et de protection rapprochée des lieux habités de la commune de la Truchère

Lieu / étendue du territoire : La Truchère

Maître d'ouvrage : EPTB Saône Doubs

Prestataire : HYDRATEC

Date : 2005

Niveau d'échelle : Micro

Coût : 30 000 euros (coût total : 60 200 euros HT)

### Evaluation des coûts

L'estimation de l'investissement est présentée en fonction du niveau de protection choisi et de la variante d'aménagement du quai retenue

### Evaluation des dommages

Les montants de dommages estimés ont été comparés avec ceux obtenus par la MRN.

Une enquête a été effectuée par la DIREN de Bourgogne sur les dommages causés par les inondations, notamment celles de la crue de mars 2001. Elle a été réalisée sur neuf communes du Val de Saône, dont la Truchère, et 73 questionnaires ont été renseignés. Au final, le coût moyen des dommages aux habitations calculé à partir des réponses obtenues est de 3 430 €. Ce coût est à prendre avec précaution car beaucoup de personnes n'ont pas précisé le coût des dégâts ou ne sont pas exhaustives sur ceux-ci ; de plus, il est très variable d'un cas à l'autre (écart-type environ égal à la moyenne). Notons enfin que ce chiffre ne comprend que les dommages directement liés aux inondations et ce pour une inondation de période de retour 20 ans.

Tableau 73 : Nombre d'habitants touchés et montants des dommages.

Crues	Nombre d'habitations touchées par la crue	Estimation des dommages
T=2 ans	0	0
T=5 ans	4	14 k€
T=10 ans	65	223 k€
Mars 2001	70	240 k€
Décembre 1981	100	343 k€
T=100 ans	145	497 k€

En termes d'enjeu commercial, deux restaurants sont installés sur la commune de la Truchère, en bord de Seille : « l'Escale » et « la Grenouillère ». D'après les résultats de la modélisation hydraulique, il semble que « la Grenouillère » soit inondée à partir d'une crue centennale seulement, « l'Escale » à partir d'une crue de période de retour 20 ans (type décembre 1981). Les propriétaires de « l'Escale » disent ne jamais avoir été inondés ; la configuration du restaurant (terrasse surélevée) doit les protéger d'une crue de période de retour supérieure à 20 ans.

Les deux restaurants ont été intégrés dans l'estimation des dommages liés aux crues comme de simples habitations.

Concernant l'évaluation des dommages agricoles, la période de l'année pendant laquelle se produit l'évènement doit être intégrée. Treize agriculteurs ont été interrogés. Les crues observées d'avril à octobre sont généralement moins fortes que celles de novembre à mars. Sur la période observée (1980-2004), les crues d'avril à octobre sont de période de retour inférieure à 5 ans et n'inondent que le casier (110 ha de maïs, 130 ha de prairies). Une seule crue sur cette période est forte (mai 1983, période de retour environ 40 ans) et inonde une plus grande superficie de parcelles : celles du casier et celles situées à l'est de la D176 (en tout 140 ha de maïs, 200 ha de prairies).

Les rendements moyens en maïs sont estimés à 100 q/ha, à 5 tonnes de matière sèche par ha pour les prairies (d'après l'enquête réalisée auprès des agriculteurs) ; le prix moyen de la tonne de maïs-grain vaut 85 €, celui de la tonne de matière sèche pour une prairie 120 € (d'après la Chambre d'Agriculture de Saône et Loire).

En situation actuelle, les dommages moyens annuels estimés sur la période 1980-2004 varient entre 17 et 27 k€ (pour le maïs : 9 à 11 k€ et 0.8 à 2 k€, pour les prairies : 7 à 14 k€). La crue de mai 1983 (de période de retour 40 ans) a entraîné des pertes s'élevant à 240 k€, ce qui, en moyenne sur 23 ans, revient à une perte moyenne annuelle de 10 k€.

En cas d'ouverture systématique des vannes, les dommages moyens annuels varient entre 37 et 78 k€ (pour le maïs : 25 à 46 k€ et 3 à 10 k€, pour les prairies : 9 à 22 k€). L'ouverture des vannes pendant toute l'année entraîne un surcoût moyen annuel de 20 à 50 k€.

### Résultats

Pour la Truchère, le coût moyen annuel du dommage direct lié aux inondations est estimé à 39 000 €/an (coût moyen calculé sur une période de 100 années). Le gain qu'il y aurait à réaliser une protection permettant de sauvegarder la zone jusqu'à une période de retour de 40 ans s'élève à 33 000 €/an.

L'amortissement est calculé sur la base du projet dimensionné pour une protection type 1981, qui paraît être le plus intéressant pour la commune compte-tenu du faible surcoût de cette solution par rapport aux variantes proposant une moindre protection type décennale ou niveau de 2001

Si le coût de l'investissement de l'aménagement proposant une protection jusqu'à 40 ans (578 000 €) augmenté du coût d'exploitation des ouvrages (1000 €/an pour l'entretien des digues + 350 €/an pour la visite annuelle de la station de relevage) est considéré, le retour sur investissement est obtenu au bout de 18 ans si le coût de la dette à contracter n'est pas pris en compte, et plus vraisemblablement à 30 ans si les frais financiers liés à l'emprunt (la durée réelle de l'amortissement de cet investissement pour la commune dépendra du taux des subventions qui lui seront accordées, ainsi que du taux de l'emprunt à négocier) sont intégrés.

Les auteurs concluent que l'investissement proposé est intéressant financièrement.

## 22. Rhône Aval Beaucaire

### Présentation

Titre de l'étude : Analyse économique du pré-schéma sud à l'aval de Beaucaire

Lieu / étendue du territoire : Aval de Beaucaire

Maître d'ouvrage : DIREN Rhône Alpes

Prestataire : SOGREAH, STRATEGIS

Date : 2007

Niveau d'échelle : Meso

Coût : 15 000 euros environ (en complément de l'étude du Territoire Rhône)

### Objectif

Dans le cadre du « Pré-schéma Sud » qui consiste en un programme de gestion des inondations du Rhône entre Beaucaire et la mer, une analyse technique en termes hydrauliques, sur la base d'une approche qualitative des enjeux et de leur hiérarchie a été mise en place. Les acteurs du Rhône ont souhaité que l'évaluation des enjeux soit approfondie, en procédant à une évaluation économique des gains attendus de ce programme de protection.

Cette étude a été mise en place pour conforter une décision politique déjà prise (évaluation a priori).

### Evaluation des coûts

Seuls les coûts des travaux sont pris en compte.

### Evaluation des dommages

L'approche se base sur les données obtenues (enjeux, occupation du sol, évaluation de la population ...) par l'étude globale des crues du Rhône (EGR, Territoire Rhône, 2003).

L'étude a consisté à simuler les dommages d'inondation calculés dans deux hypothèses : (1) état actuel, (2) dommages résiduels après les aménagements proposés, puis à rapprocher le gain en dommages évités du coût de mise en oeuvre du programme de protection, estimé par ailleurs.

La modélisation est basée sur :

- Des fonctions d'endommagement : % de dommage selon le niveau de l'aléa (hauteur d'eau, vitesse, durée de submersion), pour chaque type d'occupation du sol (agriculture, activités, habitat) ;
- Un coût au m<sup>2</sup> par occupation ;
- La superficie associée à chaque occupation dans chaque casier (unité primaire de calcul) ;

Ceci permet le calcul du dommage (= coût/m<sup>2</sup> x superficie x taux d'endommagement) par type d'occupation du sol et par casier, puis l'agrégation par cellule (= regroupement de casiers contigus, de même occupation du sol, de même niveau d'aléa associé à chaque caractéristique dans l'état actuel et dans celui post-aménagement).

Ce calcul est effectué en affectant à chaque cellule un aléa moyen par cellule, estimé pour chaque crue caractéristique (Q1000, Q100, Q30) à partir des résultats disponibles grâce à la modélisation hydraulique.

Enfin, le dommage (total) associé aux trois crues caractéristiques est intégré dans une relation de dommage en fonction de la fréquence, qui génère un dommage moyen annuel (DMA) ; c'est le dommage associé à toutes les crues des trois types, cumulé sur une période de 1000 ans, et ramené à une année moyenne.

L'outil mis en place ne permet pas de prendre en compte la durée de submersion.

Tableau 74 : Synthèse des dommages observés en 2003.

	Dommages (M€)
Agriculture	77
Entreprise, artisanat	367
Réseaux et équipements publics	13
Rivières et digues	30
Infrastructures de transport	34
Particuliers	320
Total	842

Ces dommages sont comparés à ceux obtenus par la méthode de l'EGR (un peu simplifiée).

Les simulations ont été conduites avec les coefficients correcteurs de 1,7 pour l'habitat et 1,9 pour les activités, les dommages agricoles étant évalués de façon conventionnelle en prenant la moyenne entre les dommages calculés au mois de mai et ceux calculés en hiver. Ces coefficients correcteurs permettent de se rapprocher au mieux d'éléments observés et crédibilise le modèle utilisé, sachant qu'une incertitude d'un facteur 2 en plus ou en moins est couramment admise dans les évaluations économiques de ce type.

Le modèle a ensuite été exploité en affectant à chaque cellule l'aléa moyen par cellule estimée pour chaque crue caractéristique à partir des résultats disponibles, notamment dans l'EGR.

Les résultats suivants sont obtenus :

Tableau 75 : Montant des dommages.

Crue	Dommages
Q30	179 M€
Q100	701 M€
Q1000	2 698 M€

Après calcul, le dommage annuel moyen est de 34 M d'euros par an.

Le gain global est obtenu en considérant l'aléa type de chaque cellule a été évalué en tenant compte du programme de protection dont les principes majeurs reposent sur la suppression des risques de rupture et la réduction des débordements pour les crues moyennes à fortes, etc.

Tableau 76 : Gain global actuel et du projet complet.

	Actuel	Projet complet
Q30	179 M€	64 M€
Q100	701 M€	95 M€
Q1000	2 698 M€	530 M€

Le problème de la prise en compte des risques actuels de rupture de digue, qui sont une composante majeure des risques sur le delta, s'est posé :

- En crue millénale, les ruptures seront généralisées.
- En crue centennale (type décembre 2003), les risques de rupture restent aléatoires. Pour tenir compte de ce caractère aléatoire, les calculs ont été menés dans tous les secteurs concernés par ce risque avec un aléa défini dans l'hypothèse d'une rupture majeure, mais en pondérant les dommages obtenus d'un coefficient 0.3. Ce qui revient à considérer que la probabilité d'une rupture en crue centennale sur une cellule bordant le lit mineur est de 30% pour ce niveau de crue.
- En une crue trentennale (type 1994), des risques de rupture sur les secteurs les plus exposés (Petit Rhône notamment) ont également été pris en compte avec une pondération de 0.5 (en considérant que la probabilité était de 50% pour chaque rive). La pondération est paradoxalement plus forte qu'en crue centennale, parce que le territoire concerné est beaucoup plus réduit.

Le coût moyen annuel se décompose de la façon suivante :

Tableau 77 : Coût moyen annuel.

	Actuel	Projet complet	Dommmages évités
Habitat	17,7 M€/an	1,5 M€/an	16,2 M€/an
Activités	9,4 M€/an	1,3 M€/an	8,1 M€/an
Agriculture	7,2 M€/an	4,5 M€/an	2,7 M€/an
Total	34,3 M€/an	7,3 M€/an	27 M€/an

### 23. Rhône Viviers Beaucaire

#### Présentation

Titre de l'étude : Analyse économique du Pré-Schéma Sud entre Viviers et Beaucaire

Lieu / étendue du territoire : Entre Viviers et Beaucaire

Maître d'ouvrage : DIREN Rhône Alpes

Prestataire : SOGREAH, STRATEGIS

Date : 2008

Niveau d'échelle : Meso

Coût : 15 000 euros environ (en complément de l'étude du Territoire Rhône)

#### Objectif

Cette étude a été mise en place pour éclairer les résultats de l'analyse hydraulique et s'assurer que ceux-ci n'engendrent pas des coûts astronomiques.

#### Méthode et résultats

La méthode employée est la même que celle pour l'étude Rhône Aval Beaucaire.

Cette fiche rappellera uniquement les différences rencontrées à partir de l'évaluation du coût moyen.

Le modèle a été exploité en affectant à chaque cellule l'aléa moyen par cellule estimé pour chaque crue caractéristique à partir des résultats disponibles, notamment dans l'EGR.

L'analyse a été conduite pour les 13 crues de l'échantillon des crues caractéristiques retenu pour l'analyse d'optimisation des ZEC, auxquelles une crue décennale a été ajoutée pour évaluer le gain de la protection de l'île de la Barthelasse

Tableau 78 : Montants des dommages des treize crues de l'échantillon retenu.

	Dommages (M€)
Q1000	399
1840	357
1856	346
2003	270
Med3	246
Med 1b	140
Med 1t	140
Cev 1	91
1994	162
1993	113
Nov 02	158
Sept 02	70
Q10	44

La distribution des crues a dû être choisie différente à l'amont et à l'aval de la Durance, chaque crue ayant une période de retour variable d'amont en aval du corridor fluvial.

Par exemple, d'après les auteurs, à l'aval de la Durance, on a en 1000 ans :

- Une crue millénale ;
- Des crues supérieures ou égales à celle de 1856 (1 x Q1000, 2 x 1840, 2 x 1856), ce qui est cohérent avec sa période de retour de l'ordre de 200 ans ;

- Dix crues supérieures ou égale à la crue de 2003, proche de la crue centennale (1 x Q1000, 2 x 1840, 2 x 1856, 2 x med3, 3 x 2003) ;
- Et ainsi de suite jusqu'à 100 crues supérieures ou égales à la crue décennale (toutes les crues de l'échantillon).

Sur cette base, le coût moyen annuel des dommages dans l'état actuel peut être estimé : il vaut 1/1000<sup>ème</sup> du total des dommages sur la série fictive de 1000 ans.

Le dommage moyen annuel est de 11,5 M€/an.

Afin d'évaluer le gain économique apporté par le projet, l'aléa type de chaque cellule a été évalué en tenant compte du programme du scénario d'optimisation des ZEC retenu.

Tableau 79 : Montant des dommages en l'état actuel et en l'état avec projet.

	Dommages (M€) Etat actuel	Dommages (M€) Avec projet
Q1000	399	344
1840	357	234
1856	346	232
2003	270	184
Med3	246	168
Med 1b	140	94
Med 1t	140	94
Cev 1	91	59
1994	162	71
1993	113	98
Nov 02	158	88
Sept 02	70	19
Q10	44	31

Le dommage moyen annuel avec projet est alors de 7,3 M€/an.

## 24. Isère

### Présentation

Titre de l'étude : Aménagement de l'Isère dans la vallée du Grésivaudan

Lieu / étendue du territoire : Entre le pont bâti, qui relie les communes de Lancey et de Saint-Ismier, et la ville de Grenoble

Maître d'ouvrage : Association Départementale Isère-DRAC-Romanche

Prestataire : SOGREAH

Date : 1994

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Cette étude s'attache à établir l'intérêt économique des aménagements de l'Isère pour protéger l'agglomération grenobloise, en évaluant notamment l'ampleur des dégâts que la collectivité régionale dans son ensemble aurait à supporter dans le cas d'une inondation dans la vallée.

### Evaluation des coûts

Il est prévu 215 MFTTC d'investissements répartis sur une quinzaine d'années de travaux : régulation du lit (10%), renforcement et protection des digues (82%) et ouvrages hydrauliques (8%). Il est supposé qu'1% du montant d'investissement initial correspond à la valeur annuelle moyenne des coûts d'entretien.

### Evaluation des dommages

Une crue bi-centennale est retenue comme crue de référence. Deux niveaux de risque sont pris en compte : crue avec surverse « naturelle » et celle avec surverse aggravée par une rupture de digue. La durée d'inondation retenue a été fixée à 5-6 jours maximum.

L'évaluation des dommages aux biens immobiliers et mobiliers des particuliers se concentrent sur :

- Les maisons individuelles : multiplication du total de maisons concernées par l'aléa et par la valeur moyenne de sinistre retenue ;
- Les logements collectifs : l'hypothèse avancée est que les dégâts supportés par l'habitat collectif concerneraient un logement sur trois pour les dégâts aux appartements et aux biens des occupants et l'équivalent de 20% du nombre total de logements pour ce qui concerne les dégâts supportés par les parties communes des immeubles. A ce nombre de logements concernés, la valeur moyenne de sinistralité retenue est appliquée.

Les dommages indirects sont traités en utilisant un ratio de 15% issu d'une étude américaine. 9 259 logements sont concernés (3 472 individuels et 5 787 en collectif). Les dégâts directs peuvent être estimés environ à 380 MF auxquels s'ajoutent les dégâts indirects estimés à 39 MF.

Les dégâts économiques sont évalués en considérant les surfaces travaillées, la nature des spéculations en place, la saison de passage de la crue, la durée d'inondation selon deux hypothèses (moins de 5 jours, plus de 5 jours).

Près de 135 exploitations agricoles sont concernées, travaillant 1 300 ha de SAU (surface agricole utile). Quelque soit la saison où se produirait la crue et la durée de submersion des terrains, le niveau des dégâts agricoles est estimé à 21 millions de francs.

6 000 entreprises peuvent être touchées par une crue de l'Isère, ce qui correspond à 34 300 emplois. Une enquête téléphonique ou directe a été mise en place pour les plus importantes, pour les autres, des ratios unitaires par entreprise ou par type d'entreprise ont été utilisés. Ces ratios ont été établis selon trois sources d'information : le retour d'expérience des inondations dans les arrondissements de la Tour du Pin et de Vienne, des statistiques de l'APSAD et des calculs du Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques.

Ainsi les hypothèses suivantes sont retenues :

- Pour une entreprise de plus de 100 emplois, le ratio unitaire est retenu ;
- Pour une petite entreprise (moins de 100 emplois), le ratio unitaire correspondant à un aléa donné est diminué de 50% ;
- Pour une entreprise de services ou un commerce, le ratio unitaire correspondant à un aléa est diminué de 75%.

394 MF de dégâts directs seraient enregistrés.

Concernant les dommages indirects, il s'agit de tenir compte des pertes d'exploitation liées d'une part à un arrêt de la production du fait de la présence des eaux mais aussi à la période de nettoyage, réparation, démontage/remontage... Cette perte d'exploitation est mesurée par le biais de la valeur ajoutée, elle-même mesurée à partir du chiffre d'affaires de l'entreprise (duquel est déduit tout ce qui concerne les consommations intermédiaires achetées à l'extérieur de l'entreprise).

Quatre jours de perturbations ont été retenus pour la zone d'aléa faible, huit pour la zone d'aléa moyen et trente pour la zone d'aléa fort.

Les dommages indirects pourraient être de 530 MFHT.

L'étude considère également les effets induits concernant les entreprises non situées dans la zone touchée. Pour mesurer ces conséquences, les mouvements journaliers de la population active grenobloise qui concernent 6 600 personnes (logeant en zone inondable et travaillant à l'extérieur) sont considérés. Pour ces mouvements, la valeur ajoutée moyenne de 253,8 KF/an/salarié a été considérée.

Ainsi ces effets induits seraient de 17,5 en zone d'aléa faible, 17,9 en zone d'aléa moyen et 39,6 en zone d'aléa fort.

Les impacts économiques totaux sur l'entreprise sont donc donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 80 : Les impacts économiques sur les entreprises (MFHT)

	Zone aléa faible	Zone aléa moyen	Zone aléa fort
Dommages directs	205,3	41,8	147,2
Dommages indirects	296,6	51,0	182,9
Dommages induits	17,5	17,9	39,6
TOTAL	519,4	110,7	369,7

Concernant les équipements hospitaliers, pour ceux sous la responsabilité des communes, une estimation des dégâts a été réalisée (quand cela a été possible par les services techniques des communes), pour les autres, un ratio unitaire a été utilisé. Ces ratios ont été calculés grâce au constat réalisé suite aux inondations dans les arrondissements de la Tour du Pin, de Vienne, de Bourgoin-Jallieu et des valeurs estimées par les municipalités.

Les dommages sont également évalués (principalement par retours d'expériences) pour les établissements scolaires et universitaires, les équipements sportifs et de loisirs, le secteur de la distribution (électricité, gaz, chaleur, eau, assainissement, les infrastructures de communication (voiries, voies ferrées, aéroport), les espaces verts et les cimetières, les mobiliers urbains et les équipements de signalisation, les bâtiments communaux, les installations techniques de l'agglomération grenobloise et les installations des services publics.

Les dommages supportés par les équipements et établissements publics apparaissent pour les deux centres hospitaliers (5 à 6 MF), les bâtiments scolaires (4 MF), les 38 établissements universitaires (333 MF), les installations sportives ou de loisirs (4,9 MF), les secteurs de distribution d'énergie et de fluides (40 MF), les infrastructures de communication (40 MF), les espaces verts et cimetières (3 MF), le mobilier urbain et les équipements de signalisation (1 MF), le patrimoine communal (0,8 MF), les installations techniques (51 MF), les installations des services publics (2,3 MF).

Les interventions des Centres de Secours ont représenté pour Bourgoin-Jallieu 900 interventions et un coût global de 1,5 MF.

Les dommages et surcoûts économiques supportés par l'agglomération grenobloise et la collectivité sont de 958 MFHT et les coûts d'investissement des aménagements envisagés sont de 1,8 MF par an.

## Résultats

Le taux de rentabilité économique interne permet de situer l'intérêt du projet, selon quatre scénarii hydrauliques (pas de rupture de digue, rupture dans la commune du Versoud, ou dans la boucle de l'Isère à la limite de Domène et Murianette ou au niveau du campus universitaire) entre 5,2 et 11,1%.

Ce taux de rentabilité est, par définition, le taux d'actualisation qui aboutit à un revenu net total actualisé égal à zéro. Ainsi le taux de rentabilité interne, utilisé comme taux d'actualisation est tel que la somme des avantages actualisés est égale à la somme actualisée des coûts d'investissement et d'exploitation :

$$\sum \frac{R_n - C_n - I_n}{(1+i)^n} = 0$$

avec  $R_n$  la recette de l'année  $n$  ;

$C_n$  le coût d'exploitation de l'année  $n$  ;

$I_n$  le coût d'investissement de l'année  $n$  ;

$i$  le TRI (taux de rentabilité interne).

Une analyse de sensibilité est réalisée.

D'après les auteurs, compte tenu de l'ampleur des populations à protéger et des intérêts économiques en jeu, par rapport au montant d'investissement, l'intérêt du projet semble

dépasser le cadre de la seule rentabilité économique, pour le cadre plus large de l'intérêt collectif général.

## 25. Manche

### Présentation

Titre de l'étude : Schéma d'Aménagement de la Manche

Lieu / étendue du territoire : Bassin versant de la Manche

Maître d'ouvrage : Syndicat mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI)

Prestataire : AGRETIS, HYDRETTUES, SAGE-Ingénierie

Date : 2007

Niveau d'échelle : Meso

Coût : 10 000 euros (coûts total 200 000 euros)

### Evaluation des coûts

Les coûts d'investissements, les frais généraux des chantiers, les imprévus (évalués à 10% du montant total des estimations des ouvrages), les frais d'études et les coûts d'entretiens et de gestion sont établis pour les différents scénarios d'aménagement retenus.

### Evaluation des dommages

La méthode d'évaluation des dommages retenue est celle du document édité par le Ministère de l'Environnement « Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles (P.E.R.) – Evaluation simplifiée des vulnérabilités », qui propose des grilles d'évaluation des biens immobiliers (selon le type de bâtiment et sa localisation en zone urbaine, zone industrielle, zone artisanale ou rue principale...), du capital immobilisé des exploitations agricoles (immobilisation en foncier, en matériel, en bâtiment et en plantation), des établissements scolaires, des équipements sportifs, des équipements d'accueil et de tourisme, des salles de réunion, des équipements sanitaires et sociaux, des équipements d'assainissement, des activités (selon leur localisation), des équipements industriels (selon le type d'industrie). Plusieurs hauteurs d'eau (de 0 à 3 mètres et plus) sont considérées pour obtenir les ratios d'endommagement et les pertes d'activités.

Ces valeurs issues du PER sont définies pour l'année 1987. Leur actualisation à l'année 2007 a été menée avec un coefficient de 50% (d'après le taux d'inflation, 47,86%), l'indice du coût de la construction (hausse de 58,91%).

### Résultats

La réduction totale des dommages est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 81 : Réduction totale des dommages.

	Q100	Q30	Q10
Réduction totale des dommages	88 624 K€	31 230 K€	0 K€

Le coût moyen est alors établi.

Deux courbes d'endommagement ont été considérées :

- Hypothèse basse :  $E(t)=3,33*t$  ;
- Hypothèse haute :  $E(t)=4,21*t$  ;

avec E exprimé en millions d'euros et t l'année.

Les fonctions d'investissements sont respectivement :

- Scénario 1 :  $I(t)=70+0,6*t$  ;

- Scénario 2 :  $I(t)=70+0,88*t$ .

Le projet se révèle amorti :

- Scénario 1 : entre 20 et 26 ans ;
- Scénario 2 : entre 21 et 28 ans.

Cette approche économique est incluse dans une analyse multi-critères. Le schéma d'aménagement, qui sera retenu et étudié plus finement, devra prendre en compte les éléments de cette analyse multi-critères. Une longue phase de concertation, avec la réunion de deux réunions publique, est enclenchée.

## 26. La Touloubre

### Présentation

Titre de l'étude : Etude de faisabilité pour l'aménagement de la Touloubre aval – Approche économique des dommages liés aux inondations de la Touloubre

Lieu / étendue du territoire : La Touloubre entre La Barben et Saint Chamas

Maître d'ouvrage : Syndicat intercommunal d'aménagement de la Touloubre

Prestataire : SOGREAH

Date : 2002

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Cette approche économique sur les dommages liés aux inondations de la Touloubre, complément à l'étude de faisabilité pour l'aménagement de la Touloubre aval (SOGREAH – B&R Ingénierie), fait suite à une demande des Elus des communes aval.

### Evaluation des coûts

Le montant hors taxe des travaux d'aménagement proposés, acquisitions foncières comprises est de 18 Millions d'Euros.

### Evaluation des dommages

Des ratios ont été utilisés pour évaluer les dommages sachant les bâtiments potentiellement inondables (retour d'expérience).

Ces ratios d'endommagement utilisés sont issus des documents suivants :

- « Plan d'exposition aux risques naturels prévisibles, évaluation simplifiée des vulnérabilités » du Ministère de l'Environnement, Délégation aux risques majeurs, 1987 ;
- « Barème d'indemnisation des dommages aux cultures » de la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, 1997 ;
- « Protection des zones inondées par les crues des ruisseaux affluents du Cher, Etude économique » de la commune de Montluçon, Sogreah, 1999.

Tableau 82 : Valeurs moyennes des biens et ratios d'endommagement.

Type bâtiment	Hauteur d'eau (en mètre)	Valeur moyenne du bien	Ratio d'endommagement	Coefficient correcteur
Maison individuelle	< 0,50 m	800 000,00 F	12 %	0,3 – pour tenir compte des bâtiments surélevés
	0,50 – 1 m	800 000,00 F	20 %	
	> 1 m	800 000,00 F	25 %	
Habitat collectif (valeur du 1 <sup>er</sup> niveau du bâtiment)	< 0,50 m	800 000,00 F	12 %	0,3 – pour tenir compte des bâtiments surélevés
	0,50 – 1 m	800 000,00 F	20 %	
	> 1 m	800 000,00 F	25 %	
Activité agricole	< 0,50 m	Bâti. : 800 KF Tunnel : 300 KF	3 % (ratio tenant compte d'un	Indemnité moyenne des terres : 1F/m <sup>2</sup>

		Serre : 200 KF	abattement)	
	0,50 – 1 m	Bâti. : 800 KF Tunnel : 300 KF Serre : 200 KF	15 %	
	> 1 m	Bâti. : 800 KF Tunnel : 300 KF Serre : 200 KF	25 %	
Equipements publics, industries, commerces, ...	< 0,50 m	Ecole : 3 MF (900 KF par classe) Collège : 16 MF	3 % (ratio tenant compte d'un abattement)	
	0,50 – 1 m	Crèche : 3 MF	15 %	
	> 1 m	Caserne : 3 MF Bureaux, services, ... : 3 MF Gendarmerie : 3 MF Station d'épuration : 22 MF Salle polyvalente : 2 MF Commerces : 1 MF Artisans : 1 MF Restaurant : 0,8 MF Magasins de meubles : 2 MF Caravanes : 3 MF	25 %	

## Résultats

Les dommages prévisionnels des inondations de la Touloubre sur un siècle, rapportés aux coûts des travaux sont les suivants :

Tableau 83 : Dommages prévisionnels des inondations de la Touloubre.

Type de crue	Nombre en un siècle	Montant des dommages		Total des dommages		Montant des aménagements préconisés		Observations
		(en M€)	(en MF)	(en M€)	(en MF)	(en M€ HT)	(en MF HT)	
400 m <sup>3</sup> /s	1	23	150	23	150			Pas protégé
200 m <sup>3</sup> /s	1	18	120	18	120	17,94	117,70	Etapes 1 à 4
150 m <sup>3</sup> /s	2	12	80	24	160			
Type 1993/94	2	5	30	9	60	8,95	58,70	Etape 1+ 4
50 m <sup>3</sup> /s (décennale)	4	2	10	6	40	5,40	35,40	Etape 1
<b>TOTAL</b>				81	530	17,94	117,70	

Les dommages prévisionnels des inondations de la Touloubre aval sur un siècle sont estimés à 81 millions d'euros soit plus de 4 fois le montant hors taxe des travaux d'aménagement proposés, acquisitions foncières comprises (18 millions d'euros).

D'après les auteurs, même si l'estimation présentée reste sommaire, il paraît économiquement favorable d'investir dans la prévention des inondations plutôt que de réparer les dégâts occasionnés par les crues de la Touloubre.

## 27. Charente Saint Savignien

### Présentation

Titre de l'étude : Etude socio-économique de la Charente de Saintes à Saint Savignien

Lieu / étendue du territoire : La Charente de Saintes à Saint Savignien

Maître d'ouvrage : Institution Interdépartementale de la Charente

Prestataire : BCEOM

Date : 2000

Niveau d'échelle : Meso

Coût : 21 156 euros pour l'approche économique

### Objectif

L'étude doit permettre d'analyser la pertinence économique du projet d'élargissement du canal du Moussard.

### Evaluation des coûts

Le montant global des investissements (très approximatif) s'élève à 192 MF environ.

### Evaluation du dommage

D'après le retour d'expérience, la crue de 1994 a généré des dommages évalués à 52 millions de francs en hypothèse basse et 63 millions de francs en hypothèse haute.

L'hypothèse basse correspond au chiffre calculé à partir des données des assurances.

L'hypothèse haute a été obtenue en utilisant l'enquête du CEFAC.

Le nombre de maisons et des activités soumises aux inondations a été calculé par extrapolation en situation actuelle pour des crues de type centennale et décennale avec et sans aménagement.

Pour les équipements de la ville de Saintes, le raisonnement s'est fait en linéaire, soit 20% en moins en crue centennale et moins 60% en crue décennale).

Le coût moyen annuel des dommages dans l'état actuel est de 4,71 millions de francs en hypothèse haute et 3,89 millions de francs en hypothèse basse. Il est de 1,47 MF en hypothèse haute et de 1,16 MF après aménagement.

En comparant avec les coûts d'investissement du projet, celui-ci semble peu rentable d'un point de vue financier. En effet, les seules charges d'investissement sont payées par les économies réalisées sur les dommages inondations pendant une durée de 59 ans en hypothèse haute et 70 ans en hypothèse basse.

## 28. La méthode MRN

### Présentation

Titre de l'étude : Reconstitution des montants des dommages suite aux événements de décembre 2003 dans le sud-est de la France selon la méthodologie MRN

Lieu / étendue du territoire : Sud-est de la France, c'est-à-dire six départements : Ardèche (07), Bouches du Rhône (13), Drôme (26), Gard (30), Hérault (34), Vaucluse (84)

Maître d'ouvrage : Mission Risque Naturel

Date : 2005

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

La MRN a proposé à la DIREN de ventiler le montant total indemnisé par les sociétés d'assurance suite à l'événement de décembre 2003 à l'échelle la plus fine possible, soit la commune.

### Evaluation des dommages

La méthode MRN consiste à déterminer, à l'aide d'un SIG, un nombre de logements potentiellement sinistrés dans les IRIS ou dans les communes se trouvant sous l'emprise de la crue, au prorata de leur surface respective.

Les communes n'ayant pas été irisées et les IRIS de type H (habitat, dont la population se situe entre 1800 et 5000 habitants) regroupent le plus grand nombre de données d'entrée de la méthode de reconstitution, c'est-à-dire le nombre de logements potentiellement sinistrés.

Ainsi, il est supposé par la suite pour ces entités géographiques que :

- Les résidences principales sinistrées sont des résidences de type maison individuelle ou ferme (table LL99IT de la BD Profils...IRIS) ;
- Les résidences secondaires sinistrées sont celles situées dans un immeuble d'un seul logement (table LL99RS1) ;

De plus, les logements vacants ne sont ici pas pris en compte dans la méthode de reconstitution.

Une estimation du montant global de dommages aux particuliers est réalisée en utilisant le coût moyen « Inondation » par logement (source : FFSA) pour chacun des départements considérés.

Avec le ratio usuel 60/40 (particuliers/professionnels), une estimation du montant global de dommages suite à l'événement de décembre 2003 est obtenue. Il s'agit d'un ratio empirique constaté par la profession, valable de manière agrégée (France entière pour une année d'exercice voire pour un événement d'une telle ampleur).

### Résultats

Les montants des dommages dépendent des particuliers et professionnels assurés. Ainsi si le professionnel est indemnisé, dans le cas où il est garanti contre les dommages à ses biens mais aussi s'il a une assurance pertes d'exploitation...

Tableau 84 : Montants des dommages par département.

Départements	Nombre de logements inondés	Estimation des dommages (M€)
07	700	1.5
13	10 400	117.5
26	700	2.5
30	11 500	201.5
34	1 700	7
84	7 200	62
TOTAL	32 200	392

Il existe un écart entre l'estimation du montant global des dommages (particuliers et entreprises) : 653 M€ (obtenu grâce au ratio 60/40 (particuliers/professionnels) et le montant résultant de l'enquête FFSA : 670 M€.

Cet écart peut être expliqué par :

- Extension de l'événement plus grande que le seul delta du Rhône : Auvergne, Midi-Pyrénées, Bourgogne, Centre ;
- Proportion des dommages aux entreprises avec pertes d'exploitation difficile à déterminer ;
- Hypothèses sur les logements considérés.

## 29. La thèse de J.P. Torterotot

### Présentation

Titre de l'étude : Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes

Date : 1993

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Il s'agit d'un travail de recherche ayant pour objectif de définir une méthode permettant d'évaluer les dommages liées à une inondation.

### Evaluation des dommages

Des enquêtes ont été réalisées au cours de l'été 1988, auprès de particuliers et d'entreprises ayant subi une inondation par le fait d'une crue fluviale. Les données recueillies sont de quatre types :

- Caractérisation et valeurs des biens et activités exposés ; mesures préventives ; position des planchers par rapport au terrain naturel ;
- Paramètres physiques décrivant la submersion par rapport au terrain naturel ;
- Enumération des biens endommagés et chiffrage des coûts ;
- Alerte et réponses individuelles face à la montée des eau.

Les sites d'enquêtes sont Saintes, Béziers, Sérignan, Macon, Lagny-sur-Marne, Esbly, Poitiers et Chatellerault.

Le dommage à l'habitat considéré ne correspond qu'aux dommages directs aux bâtiments à usage d'habitation et à leur contenu (non compris les véhicules motorisés). Les coûts d'évacuation ou de secours ne sont pas pris en compte. Le coût des dommages est celui des fournitures et du travail pour remettre l'habitat dans l'état initial antérieur à l'inondation.

A partir des données obtenues, une analyse économétrique est réalisée. La forme fonctionnelle retenue est celle de l'équation affine. En effet, d'après l'auteur, la seule certitude concernant la forme de la courbe est sa monotonie. Le choix de retenir une forme linéaire a été fait « non pas parce qu'elle est plus plausible qu'une autre, mais parce qu'elle permet d'estimer la qualité (toute relative) d'un ajustement de la régression et de comparer des courbes différentes ». Le critère des moindres carrés a été utilisé.

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau 85 : Les courbes d'endommagement

Avec sous sol		
Crue lente		
Immobilier	H<0	D=405 H+71 500
	H>0	D=274 H+71 500
Mobilier avec déplacement	H<0	D=16 H+10 400
	H>0	D=175 H+10 400
Total avec déplacement	H<0	D=421 H+81 900
	H>0	D=449 H+81 900

Crue rapide		
Immobilier	H<0	D=110 H+24 200
	H>0	D=54 H+24 200
Mobilier avec déplacement	H<0	D=24 H+7 000
	H>0	D=61 H+7 000
Total avec déplacement	H<0	D=134 H+31 200
	H>0	D=115 H+31 200
Mobilier sans déplacement	H<0	D=9 H+4 900
	H>0	D=131 H+4 900
Total sans déplacement	H<0	D=119 H+29 100
	H>0	D=185 H+29 100
Sans sous sol		
Immobilier		D=274 H+4 200
Mobilier avec déplacement	H<20,5	D=0
	H>20,5	D=175 H-3 600
Total avec déplacement	H<20,5	D=274 H+4 200
	H>20,5	D=449 H +600
Crue rapide		
Immobilier		D=54 H+17 000
Mobilier avec déplacement		D=61 H+14 000
Total avec déplacement		D=115 H+31 000
Mobilier sans déplacement		D=131 H+9 800
Total sans déplacement		D=185 H+26 800

Un modèle local est mis en place pour estimer les dommages sur une zone inondable. Un découpage à deux niveaux est considéré : en fonction de l'échelle spatiale des données et des phénomènes pris en compte.

Plusieurs éléments sont considérés :

- Le bief inondable qui est défini comme une unité hydrologique et hydraulique par rapport au lit mineur du cours d'eau ;
- Le bief inondable est divisé en secteurs selon deux critères : hydraulique (submersion d'un secteur) et vulnérabilité.

Le sous-modèle hydrologique a pour objectif de déterminer les crues considérées. Le sous-modèle hydraulique a pour objectif d'estimer, pour chaque crue de base, les surfaces inondées et les paramètres de submersion.

Le sous-modèle d'occupation du sol définit les types d'occupation des sols entre lesquels se répartissent les surfaces inondées. Ces surfaces sont décomposées en « tranches » de secteur (entre deux limites de crues) délimitées par les emprises des crues de base.

Les données d'entrée pour ce sous modèle sont les suivantes :

- La définition des « tranches » de secteur avec leurs limites et leurs surfaces ;
- Le seuil de crue au-delà duquel apparaissent les dommages ;
- La plus forte surface inondée connue ;
- Le pourcentage de surface correspondant à différents types d'occupation du sol ;
- La hauteur moyenne des planchers pour les différents types d'urbanisation ;
- Le nombre de logements soit inondés par une crue, soit présents dans la zone inondable.

Le sous-modèle de dommage estime les coûts dus à chaque crue sur chaque tranche de secteur, à partir des résultats des sous-modèles hydrologique, hydraulique et d'occupation des sols. Les coûts sont estimés pour chacun des scénarios « non rupture » et « rupture de digue », puis combinés pour chaque crue en fonction de leurs probabilités respectives. Les coûts estimés pour chaque saison sont pondérés par la probabilité qu'une crue dommageable se produise au cours de cette saison.

Les données d'entrée du sous-modèle de dommages sont les suivantes :

- La hauteur de submersion et la durée de submersion ;
- La surface totale de la tranche et la répartition de cette surface entre les différentes occupations des sols, les différentes hauteurs de planchers ;
- Les couples « période de retour-cote » pour les crues de base, les seuils du risque de rupture ;
- La répartition saisonnière des crues dommageables ;
- Les fonctions de coût élémentaires et qui portent sur les occupations des sols considérées.

Les fonctions de coût élémentaire de dommages correspondent, pour différents usages du sol, à la relation entre un coût (unitaire, à l'hectare) et une hauteur de submersion (par rapport au premier plancher habité pour les logements, par rapport au terrain naturel pour les activités). Pour les cultures agricoles, une relation entre coût et durée de submersion est considérée en distinguant quatre saisons.

Chaque fonction est assimilée à une courbe linéaire par morceaux, avec une valeur maximale (dommage maximal ou hauteur/durée de submersion clairement supérieure à toute valeur observable dans notre contexte) et est définie par une succession de points « hauteur h – coût C ».

Concernant le dommage direct à l'habitat en zone urbaine, six types d'urbanismes sont pris en compte (centre-ville, urbain continu, urbain non continu, grand collectif, pavillonnaire, centre de bourg ou de village). La démarche consiste :

- à estimer les densités de logements étage par étage ;
- à constituer des fonctions de dommages selon la hauteur de submersion, à pondérer les fonctions « avec sous-sol » et « sans sous-sol » selon la représentativité de l'habitat individuel avec et sans sous-sol ;
- à définir un mode de prise en compte de la durée de submersion, par pondération des fonctions « crue lente » et « crue rapide ».

Les fonctions de dommages retenues sont celles de l'habitat individuel, en distinguant les crues rapides et lentes et les logements avec ou sans sous-sol.

Concernant le dommage direct à l'habitat dispersé, la même fonction de coût élémentaire que pour l'habitat pavillonnaire est retenue, en se ramenant à un coût unitaire par logement.

Pour les dommages directs et indirects aux activités, des fonctions de coût à l'hectare sont définies pour les zones industrielles, les zones artisanales et commerciales, les activités disséminées dans les six types d'urbanisme considérés.

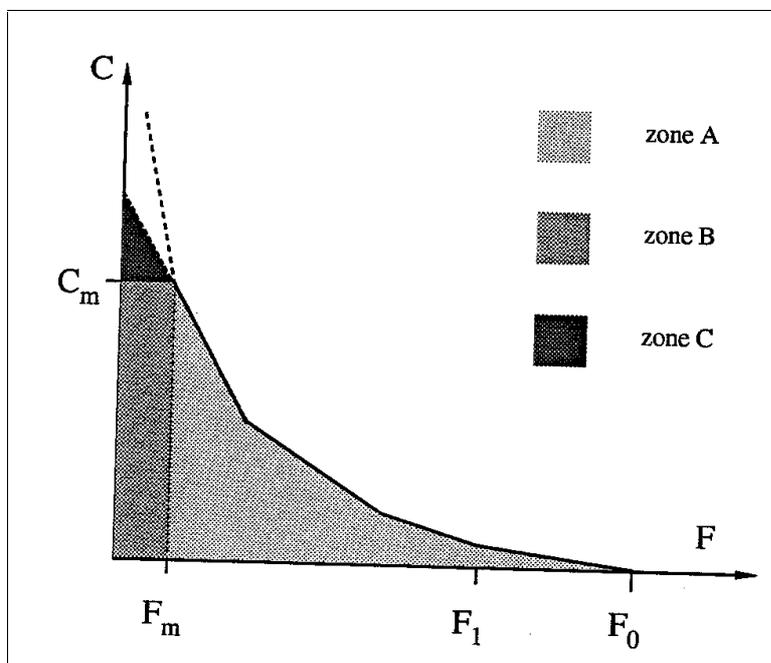
Concernant le dommage agricole, un travail basé sur une analyse bibliographique a cherché à confronter et réactualiser les informations disponibles, à les transférer à la situation actuelle et aux conditions climatiques françaises (utilisation de calendrier physiologiques pour les céréales et prise en compte d'un pas de temps décadaire pour les productions maraîchères, et mensuel pour d'autres cultures annuelles). Les coûts nets estimés tiennent

compte de la possibilité de ressemer, de remplacer par une culture tardive ou d'avancer la culture suivante, en fonction du degré de destruction de la culture inondée.

Finalement le sous-modèle de dommage, à partir des résultats des autres sous-modèles, estime pour chaque crue de base les coûts sur chaque tranche de secteur: pour chaque occupation des sols, la surface absolue concernée sur la tranche ou le nombre d'unités est multiplié par une fonction de coût élémentaire, dépendant de la hauteur et/ou de la durée de submersion. Le coût total peut être présenté par famille d'occupation des sols et selon différentes hypothèses de rupture de digues. Pour chacune de ces décompositions ou scénarios, le coût moyen annuel est estimé.

Trois estimations du CMA peuvent être proposées, qui, a priori, d'après l'auteur, constituent une sous-estimation, et dépendent de la fréquences  $F_m$  de la plus forte crue considérée (voir Figure 1).

Figure 1 : Estimation du coût moyen annuel des dommages



Source : JP Torterotot (1993).

La forme du coût moyen annuel retenue est :

$$CMA3(F_m) = CMA2(F_m) + \frac{1}{2} \times F_m^2 \times \frac{C_m - C_{m-1}}{F_{m-1} - F_m}$$

avec les crues de fréquence  $F > F_m$

$$\text{avec } CMA2(F_m) = CMA1(F_m) + F_m \times C_m \text{ et } CMA1(F_m) = \sum_{i=1}^m (F_{i-1} - F_i) \times \frac{C_{i-1} + C_i}{2}$$

Les coûts estimés concernent :

- Les dommages directs pour l'habitat ;
- Les dommages directs et les pertes d'exploitation pour les activités économiques ;

- Les pertes de récoltes pour les cultures, corrigées par le surcroît ou la réduction de frais d'exploitation et corrigées lorsque la destruction de la culture permet une autre production.

Modèle local : la Loire

La répartition surfacique de l'occupation du sol a été estimée par identification sur tout ou partie des informations suivantes :

- Carte géographique ;
- Plan cadastral ;
- Photographie aérienne ;
- Documents d'urbanisme ;
- Expertise et connaissance du terrain.

Concernant l'incertitude liée aux données et au caractère évolutif de l'occupation du sol, l'auteur propose de retenir des erreurs quadratiques moyennes suivantes :

- Proportions surfaciques : de l'ordre de 10 à 15% pour les zones agglomérées ainsi que les zones industrielles, artisanales et commerciales ;
- De l'ordre de 15 à 20% pour les autres occupations ;
- Habitat dispersé : de l'ordre de 10% ;
- Répartition surfacique entre types de quartiers urbains et hauteur des niveaux de bâtiments occupés par rapport au terrain naturel : de l'ordre de 10 à 15% ;
- Nombre de logements concernés : de l'ordre de 15% pour les grandes zones et de quelques unités pour les petites zones dont l'information provient de comptages ;
- Nombre d'exploitations agricoles : quelques unités ;
- Répartition surfacique des cultures : pour les cultures majoritaires (plus de 30% des surfaces agricoles), l'erreur absolue est de l'ordre de 10% et pour les autres cultures, l'erreur relative est de l'ordre de 30%.

L'incertitude analysée ensuite concerne les erreurs dues à la mise en œuvre du modèle local pour l'estimation du coût lié à une inondation donnée et non celle qui relève du caractère aléatoire des événements d'inondation. Cette incertitude va être analysée grâce à la méthode Monte Carlo. Elle consiste à simuler les erreurs à l'entrée et au sein du modèle, en procédant par tirages aléatoires. Ces différentes erreurs sont ainsi propagées à travers le modèle, ce qui permet de simuler toute une série de résultats possibles et donc d'en analyser la distribution lorsque l'on dispose d'un nombre de tirages représentatif. Cette méthode suppose donc de faire des hypothèses sur les lois de distribution des sources d'erreurs. Ces erreurs sont de plusieurs natures :

- Erreurs sur les valeurs des données d'entrée ;
- Erreurs sur les paramètres du modèle ;
- Erreurs dues à la résolution numérique ;
- Erreurs dues à l'inadéquation du modèle.

Différentes sources d'incertitude vont être simulées au niveau du sous-modèle de dommage : à l'entrée, au sein du sous modèle ou sur les résultats. Il a été choisi de considérer des sources d'erreurs moyennes qui soient uniformes sur l'ensemble des secteurs inondables considérés. Ainsi, sur chaque secteur, à partir des 37 paramètres qui décrivent les erreurs,

des tirages aléatoires ont été réalisées pour obtenir 50 000 combinaisons pour chaque crue et coût moyen annuel.

Beaucoup d'incertitudes sont liées à l'intensité de la crue et peuvent varier en fonction de cette intensité : relation entre période de retour - débit - cote... L'auteur analyse plus particulièrement les incertitudes sur les relations « cote maximale-débit de pointe », « période de retour-cote maximale », sur la répartition saisonnière des crues mais aussi sur l'hydraulique (cote-surface inondée, hauteur et durée de submersion), sur l'occupation du sol (pourcentage des surfaces, hauteur des planchers), sur les fonctions de coût élémentaire, sur les seuils des phénomènes hydrauliques (seuils de débordement, de remous, de déversement, d'apparition du risque de rupture de digue, de rupture de certaines digues).

Après les différentes simulations, les niveaux d'incertitude sont très forts en moyenne sur les coûts liés à une crue de période de retour déterminée, moins forts lorsque l'on caractérise la crue en cote ou sur le CMA.

En moyenne, les dispersions dépendent fortement des incertitudes sur les relations « période de retour – débit de pointe – cote maximale ». Les incertitudes sur la relation « cote – coût » ont des incidences sensiblement inférieures à celles sur la relation « période de retour – coût ».

Un modèle régional a également été mis en place en supposant que les dommages régionaux résultent de la composition des dommages estimés sur chaque secteur par le modèle local. L'incertitude sur l'évaluation régionale résulte de la composition des incertitudes locales.

## 30. Yzeron et Le Mans

### Présentation

Titre de l'étude : Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ?

Lieu / étendue du territoire : bassin versant de l'Yzeron et Le Mans.

Date : 2004

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Ce travail cherche à répondre à la question de la possibilité de la prise en compte de l'avis de la population dans une phase d'évaluation économique a priori de la gestion préventive des inondations. L'accent est porté, entre autres, sur la mesure du consentement à payer d'une population affectée par des projets de réduction des inondations.

### Evaluation contingente

Deux enquêtes ont été réalisées dans ce travail de thèse. La première enquête a concerné la population habitant en zone réglementée par un PPRI établi sur le site bassin versant de l'Yzeron, dans l'ouest immédiat de l'agglomération lyonnaise. La deuxième enquête a concerné la population habitant en zone réglementée par un PPRI établi sur la Communauté Urbaine du Mans.

Les objectifs de ces enquêtes sont les suivants :

- De tester la validité de l'évaluation contingente, comme outil de mesures de préférences d'une population vis-à-vis de mesures de réduction des inondations ;
- D'analyser les résultats obtenus par rapport aux contextes propres à chaque enquête, voire dans un contexte plus général, si cela s'avère pertinent.

L'évaluation contingente a été utilisée pour mesurer les consentements à payer (CAP) des individus pour la modification du degré d'exposition aux inondations d'un territoire sur lequel ils résident. L'idée est de considérer que cette modification est exclusivement issues d'une action collective, comme par exemple la réalisation d'un aménagement sur le cours d'eau ou une politique de restauration des zones d'expansion des crues.

Il a été choisi de mettre en avant le caractère territorial du phénomène à l'origine des inondations, et donc des politiques de réduction de l'exposition des territoires. Le caractère aléatoire des inondations a été jugé, par l'auteur, de première importance et donc qu'il méritait un traitement particulier. Ceci a été réalisé par le biais de la construction d'une échelle de crue qui permet de présenter les événements susceptibles de toucher le territoire considéré en fonction de leur rareté. Cette échelle est à la base de la représentation de l'exposition d'un territoire aux inondations proposée aux individus. L'utilisation de celle-ci a permis d'interroger chacun des individus sur différents niveaux de protection, ce qui correspond à différents niveaux d'approvisionnement du bien valorisé.

Cette échelle est utilisée comme outil de communication sur l'impact des projets de réduction de l'exposition collective aux inondations est décrite. Elle est supposée faciliter la description du bien évolué.

La présentation des contextes généraux à la modification de l'exposition aux inondations des territoires où avaient lieu les enquêtes, a fait l'objet d'une attention particulière sur chacun des deux sites. Cette attention a pris la forme d'un dossier pour l'Yzeron et d'une plaquette pour Le Mans.

Le support de paiement retenu est basé sur les impôts dits locaux : taxe d'habitation et taxe foncière. Il était demandé à la personne interrogée d'exprimer son enchère sous la forme d'une augmentation de ces impôts locaux sur 15 ans. Lorsque cette personne était locataire, ces impôts locaux se réduisaient à la seule taxe d'habitation ; lorsqu'elle était propriétaire, les impôts locaux comprenaient également la taxe foncière.

La population à interroger est à choisir parmi les trois catégories suivantes :

- Population concernée par les inondations ;
- Population concernée par les aménagements (effets autres qu'inondation compris) ;
- Population concernée par le financement des aménagements.

L'équipe du DAAE<sup>30</sup> a limité les personnes interrogées aux propriétaires de terrain situés à l'intérieur de la zone d'effet du projet de protection. L'équipe de Novotny a interrogé des personnes situées dans des zones géographiques supposées concernées par les inondations. Il a également été choisi d'interroger des personnes réputées concernées par les inondations, c'est-à-dire résidant à l'intérieur du périmètre délimité par les PPRI.

Un rendez-vous a été pris avec les individus pour mettre en place des entretiens directs. Pour cela, environ 15 jours avant la date à laquelle l'entretien devait s'effectuer, une lettre a été envoyée dans laquelle l'objet du rendez-vous était expliqué. Cette lettre était accompagnée d'un dossier sur le risque d'inondation, dans lequel était présenté de façon synthétique ce qui était entrepris pour la gestion des inondations dans les zones d'étude. Une semaine après l'envoi du courrier, des contacts téléphoniques ont été pris pour fixer l'horaire de l'entretien direct.

L'analyse des enquêtes montre que la population interrogée sur les deux terrains est composée de façon très majoritaire d'individus propriétaires (minorité de locataires) de leur maison (minorités d'individus en appartement), sensiblement plus âgés et aux revenus sensiblement plus élevés que les moyennes nationales et régionales. Bien que la connaissance globale des projets de réduction soit satisfaisante (60 à 80 % des échantillons connaissent l'existence de tels projets), l'accès aux canaux d'information sur les inondations restent peu satisfaisantes : très faible pour l'outil réglementaire qu'est le PPRI (30 % de l'échantillon), très faible pour le syndicat de commune en charge de la prévention sur le bassin versant de l'Yzeron (30 % de l'échantillon), mais relativement élevé pour l'association défendant les intérêts des riverains inondés au Mans (60 % de l'échantillon).

Les CAP sont alors analysés, tout d'abord grâce à des statistiques descriptives, puis grâce à des modèles économétriques.

Malgré des premiers résultats surprenants de l'analyse des CAP individuels (bien que les niveaux de protection proposés soient strictement croissants, les consentements à payer moyens stagnent à partir du niveau de protection contre les crues rares, pour certains

---

<sup>30</sup> Department of Agricultural and Applied Economics (U.S.A)

individus les CAP peuvent même diminuer avec l'augmentation de protection), l'interprétation retenue révèle qu'à un niveau collectif, il y a acceptabilité du risque d'inondation à partir du niveau de protection contre les crues rares. L'analyse économétrique (Log-Log) des CAP ne permet pas de trouver un modèle d'explication satisfaisant des CAP.

## 31. Bruche

### Présentation

Titre de l'étude : Sensibilité des dommages potentiels à la caractérisation des enjeux.

Application aux inondations dans la basse vallée de la Bruche

Lieu / étendue du territoire : Basse vallée de la Bruche

Date : 2008

Niveau d'échelle : Meso

### Objectif

Cette étude fait partie du projet « Bruche » dont l'objectif est d'étudier les effets hydrologiques, hydrauliques et géomorphologiques d'une restauration de l'espace de mobilité du cours d'eau mais également sa faisabilité foncière et sociale sur la basse vallée de la Bruche, en Alsace. L'intérêt de cette étude, dans ce contexte, est d'apporter des éléments économiques relatifs aux dommages potentiels des inondations de la Bruche sur les communes exposées au risque, en vue de contribuer à la gestion du risque, et de révéler les bénéfices potentiels d'une mesure de gestion.

### Evaluation du dommage

La commune de Holtzheim a été choisie comme référence pour l'application de la méthode à l'échelle locale. En effet, elle est la seule commune dont la surface urbaine est entièrement traversée par la Bruche. Parmi les épisodes de crue affectant la basse vallée de la Bruche, l'épisode de 1990 a été choisi comme référence des dommages subis.

Le champ d'investigation de l'étude a été restreint aux dommages directs des inondations. La typologie de l'occupation du sol est la suivante : bâti (habitat, activités économiques et bâtiments publics), agriculture (surfaces agricoles), réseaux routiers (routes communales et routes départementales).

Quatre évaluations de dommages différentes ont été réalisées sur la même commune, chacune se basant sur une hypothèse de caractérisation des enjeux et de désordres potentiels. Ces hypothèses permettent de tester le caractère opérationnel et la fiabilité des évaluations. Le caractère opérationnel de la méthode est évalué selon le temps nécessaire et la difficulté d'acquisition, de traitement et d'analyses des données. La fiabilité des analyses est liée à la confiance de leurs résultats et à leur sensibilité selon les considérations faites dans chaque hypothèse.

### Première hypothèse

La caractérisation de l'occupation du sol se base sur la BD Topo et la BD OCS. D'après l'auteur, la caractérisation de l'occupation du bâti est très incomplète et parfois complètement incohérente avec la réalité. Aucune information sur la hauteur des premiers planchers des bâtiments, sur l'occupation effective des rez-de-chaussée, sur l'existence des sous-sols et sur la vulnérabilité de l'occupation n'est possible avec cette méthode.

### Deuxième hypothèse

L'auteur se base sur la BD Adresse et les bases de données de la CCI et CUS (localisation des activités commerciales et des bâtiments publics) croisées avec la BD Topo. Le travail devient

un peu plus lourd en raison du traitement des données relatives aux activités (BD CCI et BD activités CUS) et le couplage avec les informations à la BD Topo. Le principe de cette méthode consiste à attribuer au bâti de la BD topo les informations provenant à la fois de la BD CCI et de la BD activités CUS, traitées sur SIG à travers la BD Adresse. Cette méthode permet de localiser précisément les activités et les bâtiments publics, et donc, d'affiner l'estimation de la vulnérabilité de l'occupation du bâti. Cependant, la part de l'occupation des bâtiments par les activités est surestimée, car la méthode ne permet pas de localiser l'activité dans le bâti. Aucune information sur la hauteur des premiers planchers des bâtiments, sur l'existence des sous-sols et sur l'occupation effective des rez-de-chaussée n'est disponible.

#### Troisième hypothèse

L'auteur se base sur les données recensées sur le terrain au travers d'une visite technique. Cette visite technique sur le terrain permet de caractériser l'occupation des rez-de-chaussée des bâtiments, d'estimer le pourcentage des habitats avec sous-sol et d'estimer la hauteur du plancher du bâti. Une incertitude est alors introduite liée à la prise en compte d'informations moyennes et aux considérations faites pendant les mesures sur le terrain.

#### Quatrième hypothèse

La caractérisation de l'occupation du sol est basée sur des données recensées au travers d'une deuxième visite de terrain. Cette visite technique exhaustive sur le site permet de caractériser chaque bâtiment individuellement et de caractériser ainsi, l'occupation du sol et sa vulnérabilité. Les incertitudes associées à ces données ne sont liées qu'aux considérations faites pendant la réalisation des mesures sur le terrain. L'identification de l'occupation du bâti prend en compte le type d'activité, la localisation de l'activité dans le bâtiment et les caractéristiques de construction du bâti. Les résultats en terme de caractérisation de l'occupation du bâti sont très fiables

Les courbes de dommages utilisées dans cette étude sont issues de trois travaux : la thèse de Torterotot pour les dommages à l'habitat (Torterotot, 1993), le guide australien d'évaluations de dommages directs liés aux inondations pour les dommages aux activités économiques et aux bâtiments publics (Queensland Government, 2002) et l'étude de l'Orb pour les dommages agricoles et aux réseaux routiers (Edlenbruch et al, 2008).

Pour analyser la validité des dossiers CatNat, valider les courbes de dommages utilisées dans l'étude, générer une base de données en vue d'une future construction des courbes de dommages sur le site et enfin pour étudier la perception du risque inondation par les riverains, deux enquêtes ont été prévues : une enquête téléphonique comprenant des questions sur les dommages de l'inondation subie en 1990 et une autre sur rendez-vous, comprenant une fine description des dommages et de la vulnérabilité actuelle de l'occupation du sol.

La vulnérabilité des bâtiments a été exprimée selon 7 classes de vulnérabilité : 2 classes pour l'habitat - avec et sans sous-sol (Torterotot, 1993) et 5 classes pour les activités et bâtiments publics (Queensland Government, 2002).

Le réseau routier a été divisé en deux classes de vulnérabilité : les routes communales et les routes départementales. Les données utilisées proviennent de la BD Topo de l'IGN.

Les surfaces agricoles ont été considérées globalement. Les surfaces agricoles considérées parviennent de la BD OCS

La monétarisation des dommages a été réalisée au travers de fonctions de dommage et d'endommagement, pour les dommages directs, et de coefficients, pour les dommages indirects. 23 fonctions de dommages ont été utilisées correspondant à la typologie des enjeux retenue : 17 fonctions de dommages pour le bâti (4 fonctions d'endommagement pour l'habitat et 15 fonctions de dommages pour les activités et bâtiments publics), 2 fonctions de dommages absolus pour les réseaux routiers et 2 fonctions de dommages absolus pour les champs agricoles.

Pour les approches 1 et 2 de caractérisation des enjeux, des informations provenant de l'avis des experts ont permis de caler les courbes de dommages. Pour l'approche 3, le calage « brut » des courbes de dommages a été réalisé en utilisant des données moyennées. Pour l'approche 4, un calage « fin » a été réalisé en utilisant les données recensées pour chaque bâtiment individuellement. Pour les dégâts agricoles et les dommages aux réseaux routiers, les courbes de dommages issues de la bibliographie sont utilisées sans aucune modification.

Les dommages indirects sont très difficiles à évaluer. Cette étude s'est limitée aux dommages directs des inondations, avec une attention particulière aux dommages du bâti. Cependant, les dommages indirects ont été pris en compte en multipliant les dommages aux activités par un facteur de 1,55 selon Queensland Government (2002).

## Résultats

Par rapport à la méthode de référence, les méthodes les plus opérationnelles sous-estiment légèrement, de 8 à 11%, les dommages potentiels. Ces méthodes permettent de bien représenter la contribution de chaque type de bâti aux dommages globaux.

Plus la méthode est opérationnelle, en se basant sur peu d'informations, plus l'incertitude est grande. Cette incertitude diminue au fur et à mesure que des données supplémentaires sont ajoutées. L'incertitude importante associée à la première hypothèse est due à quatre variables inconnues : la hauteur des premiers planchers des bâtiments, le taux d'occupation des premiers niveaux, le type d'activité économique (pour moduler la classe de vulnérabilité) et la présence ou absence de sous-sol. L'incertitude de la deuxième hypothèse est due à 3 variables inconnues : la hauteur des planchers, le taux d'occupation effectif et la présence ou absence de sous-sol. L'incertitude associée à la troisième hypothèse est due à la caractérisation par quartier et non par bâtiment des variables lors de la première visite.

Les résultats pour le bâtiment public sont les mêmes entre les hypothèses 2 et 3, du fait de la qualité des informations de la BD activités concernant les bâtiments publics. Cependant, l'écart existant entre les hypothèses 3 et 4 est a priori surprenant, en ce qui concerne les activités économiques et le bâtiment public. Cet écart est principalement dû à l'existence d'activités économiques en sous-sol à Holtzheim, et à une petite surélévation de la hauteur des planchers pour les bâtiments publics, ce qui n'a été mis en évidence que lors de la deuxième visite. La surestimation des dommages associés à l'habitat s'explique par la non prise en compte de l'occupation effective des rez-de-chaussées dans l'hypothèse 3.

D'après l'auteur, si l'objectif de l'analyse est de savoir « où agir » pour réduire les dommages, il est nécessaire de caractériser la distribution spatiale des dommages. Seule la quatrième hypothèse permet d'être fiable à l'échelle communale, tout en conservant un caractère opérationnel. A l'échelle intercommunale, l'hypothèse 4 n'est plus opérationnelle en raison du temps d'enquête. L'hypothèse 3 est donc retenue, avec la prise en compte des paramètres déterminés à l'échelle communale, pour la quatrième hypothèse.

D'après l'auteur, si l'intérêt de l'évaluation est d'estimer le coût global en passant par la typologie des dommages, sans s'intéresser à la distribution spatiale précise des dommages, on place le curseur sur l'hypothèse 2, tant pour l'échelle communale qu'intercommunale, en utilisant les valeurs des paramètres déterminés à l'échelle communale pour l'hypothèse 4. L'hypothèse 1 est conseillée dans le cas où l'on ne s'intéresse qu'aux ordres de grandeurs des dommages selon leurs typologies. L'utilisation de cette hypothèse n'est justifiée que dans les évaluations à l'échelle intercommunale, dans le cas où l'on ne possède pas des données pour appliquer l'hypothèse 2..

## D. Quelques exemples de pratiques étrangères

### 1 Le Royaume Uni

Depuis les années 70, l'Angleterre (et le Pays de Galle) s'attache à évaluer le risque lié aux inondations ainsi que les dommages à différents niveaux d'échelle (Meyer et al., 2005). D'ailleurs, dès les années 70, les évaluations économiques des projets ont été rendues obligatoires pour obtenir des subventions du gouvernement central pour la construction d'un ouvrage de protection.

Le premier objectif de l'évaluation des dommages pour le DEFRA et l'Environmental Agency est d'identifier le projet de protection contre les inondations le plus efficace pour obtenir des aides financières. L'efficacité économique est mesurée par le biais d'un ratio coût bénéfice. D'ailleurs, d'après [Penning-Rowell](#) (2005), en 2004-2005, la politique de gestion des inondations et des risques du DEFRA a été révisée. Les priorités affichées sont :

- Gérer le risque en employant des méthodes et des approches qui reflètent les priorités nationales et locales :
  - o Réduire la menace sur la population et leur propriété ;
  - o Obtenir le plus important bénéfice environnemental, social et économique en cohérence avec les principes de développement durable du gouvernement ;
- Sécuriser.

Le système de hiérarchisation du DEFRA considère également deux autres critères: la population touchée ainsi que la zone d'habitat protégée. Mais l'évaluation des bénéfices issue de l'évaluation des dommages reste le critère le plus important.

Un système hiérarchique des risques et des dommages est également développé depuis plusieurs années en tant qu'outil d'aide à la décision pour différentes échelles spatiales. Au niveau national, les systèmes NAAR, NaFRA et FORSIGHT sont utilisés pour fournir des informations sur le risque et les besoins financiers et pour supporter les dépenses dans le long terme. Les systèmes CFMP et SMP se situent au niveau du bassin versant et jouent un rôle dans la hiérarchisation des territoires. Eventuellement, au niveau local, différentes options sont comparées lors d'études de faisabilité pour identifier la meilleure option de défense contre les inondations.

Les enjeux et dommages considérés par les différentes études sont les suivants ([Meyer et al.](#), 2005) :

Tableau 86 : Les méthodes du Royaume Uni.

Dommages	Macro : NAAR, NaFRA	Meso : MDSF	Meso/Micro : Lower Thames	Micro : MCM, FCDPAG3
Directs et tangibles				
Biens résidentiels	M	M	M	M
Inventaire des ménages	M	M	M	M

Véhicules				
Biens non résidentiels	M	M	M	M
Stocks	M	M	M	M
Elevage				
Infrastructure				
Routes				
Rails				
Valeur terrain	Terre agricole			
Indirects				
Perte de valeurs ajoutées				M
Production agricole	M	M		M
Coût des secours			M	M
Perturbation du trafic	M		M	M
Autre			Alerte des inondations (bénéfice)	Coût de substitution (location de maison, processus de séchage)
Intangibles				
Population	Q	Q		En développement en 2005
Santé				M
Perte environnementale			Q	M
Perte d'aménités				M
Bien culturel				
Pollution				
Autre	Index de vulnérabilité sociale			

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

Les fonctions de dommage proposées par le Flood Hazard Research Center (guide Multi-coloured) correspondent au socle des études d'évaluation des dommages à tous les niveaux d'échelle ([Meyer et Messner, 2005](#)). Pour les projets à petite échelle, une base de données détaillée est nécessaire. Pour les niveaux d'échelle meso ou macro, des fonctions plus agrégées sont utilisées (voir par exemple le logiciel MDSF qui propose, pour l'évaluation des dommages sur le bassin versant, une seule fonction pour les biens résidentiels et une dizaine de fonctions pour les immeubles non résidentiels).

Le guide Multi-coloured (« Blue manual » en 1977, « Red Manual » en 1987 et « Yellow Manual » en 1992 et une dernière version du guide en 1993) donne des recommandations, entre autres, sur l'évaluation des dommages sur le bâti, les biens non résidentiels, les services publics, les routes, les voies ferrées, les frais d'urgence et l'agriculture.

## Dommmage sur le bâti

- Dommages directs tangibles : la construction (le bâtiment), les biens du ménage, coût de nettoyage ;
- Dommages intangibles : inquiétude pour les inondations futures, perte d'objets personnels irremplaçables, dommage sur la santé physique et/ou mentale, décès, blessure, perte de communauté, perte de confiance envers les autorités et les services ;
- Dommages indirects : évacuation permanente et/ou temporaire de la zone inondée, trouble du système d'annonce et d'alarmes des inondations, perte de service utile, perte de salaire, perte de loisirs, coût de communication additionnelle, perte de services publics, augmentation des coûts de transport, augmentation des coûts de shopping et de loisirs ;
- Dommages indirects pour la populations non inondés : augmentation des coûts de transport, perte de salaire, perte de services publics, perte d'autres services, perte de loisirs, augmentation des coûts de shopping et de loisirs

Le guide propose une estimation des dommages en fonction de la durée de l'inondation (plus ou moins 12 jours), du type de logement (bungalow, appartement, secteur résidentiel, terrasse...), des caractéristiques de l'habitation (jardin, étage, menuiserie...), des effets personnels des ménages (équipement audio/vidéo, chauffage, revêtement du sol...), de la hauteur d'eau (-0,30 à 3 mètres), de la classe sociale (classe moyenne et moyenne +, classe moyenne -, classe ouvrière qualifiée, classe ouvrière), de l'âge (1919, 1919-1944, 1945-1964, 1965-1974, 1975-1985, après 1985).

Le guide recommande d'utiliser le dommage moyen annuel pondéré.

Une analyse de la vulnérabilité est également proposée avec la mise en place d'un index : celui de vulnérabilité sociale qui est composé des variables suivantes :

- Proportion des résidents de plus de 75 ans ;
- Famille monoparentale ;
- Résidents souffrant d'une longue maladie ;
- Critères financiers :
  - o Chômage (proportion des chômeurs de plus de 16 ans) ;
  - o Surpeuplement (proportion des ménages avec plus d'une personne par chambre) ;
  - o Ménage sans voiture ;
  - o Ménage non propriétaire ;
- Nombre de résidents en zone inondable ;
- Proportion de ménages dans chaque classe sociale ;
- Hauteur d'eau estimée ;
- Plan d'alerte ;
- Localisation des résidences proches des moyens de défense.

## Dommmages sur les biens non résidentiels

Les secteurs suivants sont concernés :

- Activités commerciales ;
- Bureau ;
- Distribution/Logistique ;

- Loisir/Sport ;
- Bâtiment public ;
- Industrie ;
- Divers.

Ces secteurs sont divisés en 10 catégories et 66 sous-catégories.

Certains éléments clés ont été identifiés et doivent être considérés :

- Hauteur d'eau ;
- Type de propriété (équipement, structures, stock, matériel...);
- Taille des locaux ;
- Type de structures du bâtiment ;
- Etage et dispositif de stockage ;
- Positionnement des services, structures... ;
- Temps d'inondation ;
- Cycle de remise à neuf ;
- Haute versus basse technologie ;
- Structures permanentes et temporaires.

Un scénario de base avec une période d'inondation de moins de 12 heures est supposé, avec des valeurs de dommage qui incluent les coûts de nettoyage.

Trente-quatre types de structures non résidentielles sont considérés (du salon de coiffure, au théâtre en passant par un laboratoire, une station service, une caravane ou un jardin). Cinq catégories de dommage ont été identifiées :

- Bâtiments et structures ;
- Services ;
- Installations et équipements ;
- Equipements mobiliers ;
- Stocks.

Pour la plupart des propriétés non résidentielles, l'auteur suppose que la durée d'inondation n'augmente pas de façon significative les dommages directs. Cependant, la durée de l'inondation peut avoir des impacts plus significatifs sur les panneaux isolants. Des facteurs aggravants du dommage sont donc proposés pour le cas où les inondations durent plus de 12 heures.

Dommages sur les services publics, routes, voies ferrées, et frais d'urgence

Plusieurs thèmes peuvent être analysés :

- Perturbation du trafic routier : coût du temps additionnel et coût des ressources supplémentaires (fonction de la vitesse du véhicule). Il est nécessaire de connaître les routes coupées par l'inondation, le volume du trafic, le coût du trafic et les itinéraires bis ;
- Perturbation du trafic du train : il faut déterminer le nombre de passagers par jour, connaître les lignes coupées, appliquer une compensation par passager liée au délai de trajet supplémentaire ou à l'annulation du trajet (donné en Annexe 6 du guide) et la conversion de la perturbation annuelle moyenne en fonction de la période de retour de l'évènement ;

- Services d'urgence : autorités locales, police, pompier, ambulance, Agence environnementale, services bénévoles et l'armée : retour d'expérience des évènements d'automne 2000.

## Dommmages sur l'agriculture

Le guide propose les prix, les surfaces, l'output, les coûts variables, les coûts fixes, les marges pour six cultures (blé d'hiver, colza, pois, haricot, betteraves sucrières, pommes de terre) et expose également l'output, les coûts variables, les marges, les coûts fixes par tête de bétail (vaches laitières, vaches de boucherie, bovins de boucherie, moutons).

### 2. L'Allemagne

Cette partie est tirée du rapport de [Messner et al.](#) (2007).

En Allemagne, une loi relative à la révision des budgets du gouvernement fédéral et des Länders, votée en 1972, a introduit l'obligation de réaliser une analyse économique à l'occasion des projets d'infrastructures publiques.

Des méthodes standards sont proposées pour lesquelles il existe une différenciation claire entre les méthodes micro, meso et macro :

- L'échelle micro applique une méthode axée sur l'objet : les dommages sont calculés pour des propriétés uniques ;
- L'échelle meso considère des unités d'occupation du sol agrégées ;
- L'échelle macro prend en compte des unités administratives globales.

Un exemple typique de l'usage des données de dommages des inondations est la base de données allemande HOWAS. Elle contient des informations sur les dommages subis lors de neuf évènements entre 1978 et 1994. Environ 3600 dommages individuels aux bâtis sont enregistrés. L'évaluation des dommages est effectuée par une approche assurantielle et peut être interprétée comme une évaluation des coûts de remplacement.

Un système de code et de hiérarchisation est utilisé pour classer les bâtis. Les six codes principaux sont donnés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 87** : Système de code et de hiérarchisation pour le bâti.

Code	Secteur
1	Biens résidentiels
12	Isolé, à plusieurs étages
121	Avant 1924, structure solide
1211	Pas de cave, pas de garage
2	Infrastructure publique
3	Industries de services
4	Exploitation minière et construction
5	Industrie manufacturière
6	Agriculture et forêt

Chaque dommage enregistré fournit une information sur la hauteur d'eau au-dessus du rez-de-chaussée et sur les dommages, en considérant les dommages liés aux caves et aux étages

ainsi que les dommages aux structures des bâtiments, aux biens fixes et mobiles. D'autres informations comme la valeur totale de chaque bien ne sont pas toujours disponibles.

Malgré le manque de certaines informations, il est supposé que les fonctions de dommages peuvent être approximées par une racine carrée avec un seul paramètre :

$$\text{dommage} = a \sqrt{\text{hauteur d'eau}}$$

En Allemagne, la compétence de la politique de l'eau et des inondations dépend des états fédéraux et non du gouvernement central. Les approches développées dans trois états fédéraux sont présentées dans les paragraphes suivants.

## 2.1. Nord Rhein-Westphalie

L'analyse coût bénéfice est utilisée dans le but de prioriser les projets. Les méthodes se concentrent sur les dommages directs, tangibles et plus particulièrement sur l'habitat. Les dommages indirects sont considérés comme des pertes dues à l'interruption de l'activité. Les dommages intangibles ne sont pas évalués dans des termes monétaires mais dans des termes qualitatifs et quantitatifs.

Tableau 88 : Les méthodes de North Rhine-Westphalia.

Dommmages	Meso/Micro : Danube	Meso : Rhin
Directs et tangibles		
Biens résidentiels	M	M
Inventaire des ménages	M	M
Véhicules		M
Biens non résidentiels	M	M
Stocks, équipements mobiles	M	M
Elevage		
Infrastructure		
Routes		
Rails		
Valeur terrain		M
Indirects		
Perte de valeurs ajoutées	M	M
Production agricole		
Coût des secours		
Perturbation du trafic		
Autre		
Intangibles		

Population	Q	Q
Santé		
Perte environnementale		
Perte d'aménités		
Bien culturel	D	
Pollution	Q	Q

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

Trois approches différentes sont mises en place.

Pour l'étude « Rhine Atlas », une approche grossière est considérée en utilisant CORINE land cover avec six occupations du sol. L'étude « River Rhine » estime les dommages potentiels à partir des statistiques officielles. Une étude auprès de 1600 entreprises est réalisée pour évaluer les dommages potentiels. L'étude « River Danube » ne s'intéresse pas aux dommages potentiels mais à l'évaluation de chaque type d'occupation du sol. Des fonctions de dommage standardisées sont utilisées (élaborées par Pflügner). Ces fonctions distinguent différents secteurs économiques et dix catégories d'habitats résidentiels (par âge, type, existence d'un sous-sol).

Plusieurs événements de crues sont pris en compte : Q 100, 200 et 500 pour l'étude « River Rhine » et Q 20, 50, 100 et 1000 pour l'étude « Danube River ». Les dommages sont comparés dans deux cas : avec ou sans projet.

## 2.2. Schleswig-Holstein

Trois méthodes sont là aussi utilisées :

- Avec la méthode IPCC pour le littoral allemand (échelle macro). Tous les dommages potentiels sont évalués au niveau de la municipalité. Les principales données proviennent de statistiques officielles. Il ne s'agit pas vraiment d'une évaluation des dommages mais plutôt d'une évaluation du risque ;
- Une méthode plus détaillée a été développée pour les côtes de Schleswig-Holstein (échelle meso). L'étude est une évaluation des enjeux et des risques mais n'est pas une évaluation des dommages. Pour être plus précis, une représentation de l'occupation du sol au niveau de chaque unité est mise en place ;
- Une autre méthode développée au niveau micro a été considérée pour six communes. Les principales catégories de l'occupation du sol sont analysées à l'échelle de l'entité (habitation par exemple). La valeur de chaque bâtiment est exprimée en fonction du coût de construction établie par un guide officiel pour l'évaluation des maisons. Contrairement aux deux précédentes études, celle-ci essaie d'estimer les dommages à partir d'un ensemble de scénarios. Le calcul des dommages annuels attendus est réalisé pour des événements spécifiques et non pour l'ensemble des inondations.

Tableau 89 : Les méthodes de Schleswig-Holstein.

Dommages	Macro : German IPCC	Meso : basses terres côtières	Micro : MERK
Directs et			

tangibles			
Biens résidentiels	M	M	M
Inventaire des ménages		M	M
Véhicules		M	M
Biens fixes (biens non résidentiels, équipement mobile, structure)	M	M	M
Stocks		M	M
Elevage		M	M
Infrastructure	M		
Routes			M
Rails			M
Autre			Moulins à vent
Valeur terrain	M	M	M
Indirects			
Perte de valeurs ajoutées		M	M
Production agricole			M
Coût des secours			M
Perturbation du trafic			
Autre			
Intangibles			
Population	Q	Q	Q
Santé			
Perte environnementale			
Perte d'aménités			
Bien culturel			
Pollution			
Autre			

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

Les fonctions de dommages sont les suivantes (avec Y le dommage et X la hauteur d'eau) :

Tableau 90 : Les fonctions de dommages.

Bâtiment 2 étages et un sous sol	$Y=5X$
Bâtiment 2 étages	$Y=3+5X$
Bâtiment 4 étages et un sous sol	$Y=3X$
Bâtiment 4 étages	$Y=3+3X$
Hall type d'un bâtiment	$12,5X$
Inventaire privé, 1 <sup>er</sup> étage	$Y=60vX$
Inventaire privé, sous sol	$Y=68vX-6$
Biens fixés (service, commerce, administration), 1 <sup>er</sup> étage	$Y=57vX+5$
Biens fixés (service, commerce, administration), sous sol	$Y=68vX-6$
Biens fixés (entreprise de production), 1 <sup>er</sup> étage	$Y=20X$
Biens fixés (entreprise de production), sous sol	$Y=28X$

Biens fixés (entreprise de production), hall	$Y=15X$
Valeur du stock, 1 <sup>er</sup> étage	$Y=5+38X$
Valeur du stock, sous sol	$Y=5+43X$

### 2.3. Saxony

L'évaluation des dommages se fait à deux niveaux comme un outil d'aide à la décision pour la hiérarchisation des projets. Il a été décidé en 2002 de développer des concepts concernant la gestion des inondations de 47 rivières. En plus d'une description de la crue de 2002 et des événements historiques, les concepts incluent les cartes d'inondations et une évaluation des dommages basée sur une crue centennale. Les informations suivantes sont réunies: l'occupation du sol, la valeur des enjeux et les fonctions d'endommagement.

Tableau 91 : Les fonctions de dommages de la Saxe.

Occupation du sol	Biens fixes	Biens mobiles	Total
Habitat	$S=2*X^2+2X$	$S=11,4X+12,625$	
Industrie	$S=2*X^2+2X$	$S=7X+5$	
Trafic			$S=10X(X<1)$ ; $S=10(X>1)$
Agriculture			$S=1$
Forêt			$S=1$
Autre			$S=1$

S= degré de dommage en %, X la hauteur d'eau

Un système de hiérarchisation a été développé dans lequel la somme des dommages évités joue un rôle crucial. La crue centennale dans une zone urbaine est considérée comme la crue de référence. Dans des secteurs plus rural, le niveau de sécurité attendu peut être inférieur et donc des crues de plus petites ampleurs peuvent être analysées. Les critères sont les suivants :

- Dommages cumulés attendus (25) ;
- Ratio coût / bénéfice (25) ;
- Effet sur la gestion de l'eau (25) ;
  - o Capacité de rétention (10) ;
  - o Décharges (10) ;
  - o Ecologie de l'eau (5) ;
- Vulnérabilité (25).

Le système contient donc 100 points, les nombres entre parenthèse donnent le score maximum (chaque score étant défini selon différents niveaux suivant le critère concerné). Les dommages indirects sont également pris en compte. Le dommage cumulatif s'écrit de la façon suivante :  $S_{cum} = S(Q100)F_1F_2$

$S(Q100)$  représente les dommages tangibles pour une crue centennale.

$F_1$  est un facteur prenant en compte tous les événements entre le niveau de sécurité standard et le niveau de sécurité visé (principalement Q 100).

$F_2$  est un facteur d'occupation du sol pour la prise en compte des dommages indirects. Les facteurs suivants sont utilisés :

- Zone urbaine : 1,3 ;
- Zone utilisée pour l'industrie et les infrastructures : 1,5 ;
- Zone agricole : 1,2 ;

- Implantation dans des zones rurales : 1,2.  
Ces facteurs sont estimés à partir de retours d'expérience.

Tableau 92 : Les méthodes de la Saxe.

Dommmages	HWSK	SMS Priorisation
Directs et tangibles		
Biens résidentiels	M	M
Inventaire des ménages	M	M
Véhicules		
Biens non résidentiels	M	M
Stocks	M	M
Elevage		
Infrastructure		
Routes	M	M
Rails	M	M
Valeur terrain		
Indirects		
Perte de valeurs ajoutées		(M)
Production agricole		
Coût des secours		(M)
Perturbation du trafic	M	(M)
Autre		
Intangibles		
Population	D	D
Santé		
Perte environnementale		
Perte d'aménités		
Bien culturel		D
Pollution		D

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

### 3. Les Pays Bas

Les approches coûts bénéfices sont majoritairement portées aux Pays Bas par le bureau du Plan (CPB)<sup>31</sup>, qui a engagé au début des années 1990 une série d'études. L'objectif n'est pas seulement de faciliter la prise de décision publique, mais surtout de permettre un débat public. L'intérêt principal des méthodes néerlandaises est qu'elles intègrent des éléments qualitatifs dans les bilans coûts bénéfices, même s'ils ne sont pas monétarisables, de façon à proposer un bilan global acceptable par toutes les parties. Les bénéfices ou les coûts non

<sup>31</sup> Organisme d'intérêt public.

monétaires peuvent être, par exemple, la diminution du nombre de victimes, les effets sur la biodiversité, la qualité des paysages et les conséquences sociales.

D'après [Barthelemy](#) (2002), par comparaison, les Pays-Bas ont certainement connu, ces vingt dernières années, des dommages plus faibles liés aux crues. L'Etat est seul responsable du financement des protections comme de l'aide aux sinistrés. A l'échelle locale, des collectivités spécifiques, les Waterschappen sont chargées, entre autres, de construire, d'entretenir les ouvrages et de gérer les eaux de surface (sauf les grands cours d'eau). La politique de protection a été réfléchi depuis plus de cinquante ans avec la prise en compte des aspects socio-économiques, qui ont été utilisés pour proportionner les investissements aux dommages potentiels. Progressivement, ces méthodes se sont transformées en une véritable approche par le risque, très en avance sur ce qui se faisait dans d'autres pays. Un niveau de risque acceptable est progressivement pris en compte en considérant des modulations par zone.

Dans la période qui a suivi les crues de 1993, 1995 et 1998, la réflexion s'est orientée vers l'évaluation des coûts et des avantages des diverses propositions faites.

D'après [Meyer et al.](#) (2005), une méthode standard pour les 53 digues présentes au Pays Bas a été développée. Le choix du niveau de sécurité prévu par la digue dépend du type de menace (inondations côtières ou fluviales) et de la valeur des actifs qui sont protégés par chacune des digues.

Tableau 93 : La méthode des Pays Bas.

Dommmages	Méthode standard
Directs et tangibles	
Biens résidentiels	M
Inventaire des ménages	M
Véhicules	M
Biens non résidentiels	M
Structure, stock, équipement mobile	M
Elevage	
Infrastructure	
Routes	M
Rails	M
Aéroport	M
Autres infrastructures en zone urbaine	M
Valeur terrain	
Aménité	M
Indirects	
Perte de valeurs ajoutées	M
Production agricole	M
Coût des secours	
Perturbation du trafic	M
Autre	
Intangibles	
Population	Q

Santé	
Perte environnementale	
Perte d'aménités	
Bien culturel	
Pollution	

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

L'inondation type est modélisée par un modèle hydrodynamique de maille 100 mètres. La hauteur d'eau est un élément nécessaire pour l'évaluation des dommages. Dans le cas des bâtiments résidentiels, les effets de la vitesse et des vagues sont aussi considérés. Enfin, en ce qui concerne les victimes, la vitesse, le taux de montée ainsi que la hauteur d'eau sont pris en compte.

Les dommages tangibles pour chaque grille sont calculés grâce à la formule suivante :

$$S_i = \sum_{i=1}^n a_i n_i S_i$$

Avec  $n_i$  le nombre d'unité de la catégorie  $i$

$a_i$  taux du dommage pour la catégorie  $i$

$S_i$  dommage total par unité de la catégorie  $i$ .

Onze fonctions de dommage sont prises en compte. Elles sont issues de l'étude de Vrouwenfelder (1997).

L'approche décrite se réfère à des régions subissant des inondations à faibles périodes de retour et un haut niveau de protection pour les digues. Avec une forte période de retour, on s'attend à un total des dommages plus faible en raison d'une sorte de préparation à l'inondation. Il est recommandé de réduire le montant des dommages de 25%.

Table 3.3: Standard Method: damage categories, units, maximum damage amounts, damage functions used and land use data sources (for low frequency flooded areas)

	Damage category	Unit	Average maximum damage amount per unit (€)	Associated Damage function (of Tab. 3.2)	Source (data file used in the standard method)	
Land use	Agriculture direct	m <sup>2</sup>	1.50	1	CBS land use	
	Agriculture indirect	m <sup>2</sup>	1.60	1	CBS land use	
	Greenhouse horticulture direct	m <sup>2</sup>	40.10	1	CBS land use	
	Greenhouse horticulture indirect	m <sup>2</sup>	4.00	1	CBS land use	
	Urban area direct	m <sup>2</sup>	48.60	1	CBS land use	
	Intensive recreation direct	m <sup>2</sup>	10.90	1	CBS land use	
	Extensive recreation direct	m <sup>2</sup>	8.90	1	CBS land use	
	Airports direct	m <sup>2</sup>	1 197	1	CBS land use	
	Airports i.b.	m <sup>2</sup>	36	1	CBS land use	
Infrastructure	National trunk roads direct	m	1 450	4	National Wegen Bestand (NWB)	
	National trunk roads indirect	m	650	4	NWB	
	Motorways	m	980	4	NWB	
	Other roads	m	270	4	NWB	
	Railways direct	m	25 150	4	Nederlandse Spoorwegen (Spoor_NS)	
	Railways indirect	m	86	4	Spoor_NS	
	Railways i.b.	m	151	4	Spoor_NS	
Households	Low-rise dwellings	unit	172 000	9	Bridgis dwelling types	
	Intermediate dwellings	unit	172 000	10	Bridgis dwelling types	
	High-rise dwellings	unit	172 000	11	Bridgis dwelling types	
	Single-family dwelling	unit	241 000	8	Bridgis dwelling types	
	Farm	unit	402 000	8	Bridgis dwelling types	
Companies	Vehicles	unit	1 070	3	revised Bridgis people file	
	Mineral extraction direct	employee	1 820 000	7	Dunn & Bradstreet (D&B)	
	Mineral extraction indirect	employee	116 000	7	D&B	
	Mineral extraction i.b.	employee	84 000	7	D&B	
	Industry direct	employee	279 000	7	D&B	
	Industry indirect	employee	70 000	7	D&B	
	Industry i.b.	employee	62 000	7	D&B	
	Utilities direct	employee	620 000	7	D&B	
	Utilities indirect	employee	163 000	7	D&B	
	Utilities i.b.	employee	112 000	7	D&B	
	Construction direct	employee	10 000	7	D&B	
	Construction indirect	employee	26 000	7	D&B	
	Construction i.b.	employee	45 000	7	D&B	
	Trade, catering direct	employee	20 000	7	D&B	
	Trade, catering indirect	employee	3 500	7	D&B	
	Trade, catering i.b.	employee	7 500	7	D&B	
	Banks, insurance direct	employee	90 000	7	D&B	
	Banks, insurance indirect	employee	7 000	7	D&B	
	Banks, insurance i.b.	employee	14 000	7	D&B	
	Transport and communication direct	employee	75 000	6	D&B	
	Transport and communication indirect	employee	6 400	6	D&B	
	Transport and communication i.b.	employee	11 200	6	D&B	
	Care provision, other direct	employee	20 000	7	D&B	
	Care provision, other indirect	employee	6 300	7	D&B	
	Care provision, other i.b.	employee	3 400	7	D&B	
	Government direct	employee	60 000	7	D&B	
	Government indirect	employee	2 200	7	D&B	
	Government i.b.	employee	9 200	7	D&B	
	Other	Pumping stations	unit	747 200	2	WIS
		Purification plant	unit	10 853 000	5	WIS

Source: Kok et al. 2004

#### 4. La République Tchèque

D'après, [Meyer et al.](#) (2005), l'évaluation des dommages est assez récente dans la politique tchèque de prévention des inondations. Elle survient après les inondations de 1997 et 2002. Un système de trois méthodes avec des niveaux d'échelle différents a été développé. Les

trois méthodes ont la même approche utilisant l'occupation du sol, une estimation des enjeux et une fonction de dommage.

La première méthode est très détaillée et basée sur une échelle locale. Elle a été testée sur trois sites pilotes dont l'Elbe.

La seconde est moins détaillée et basée sur une échelle régionale.

La dernière méthode est plus grossière avec un niveau d'échelle national.

La principale différence entre les trois méthodes est le niveau de précision d'occupation du sol. Alors que la première méthode distingue 200 types d'habitations, les autres méthodes n'en considèrent que cinq.

Pour l'étude pilote de la seconde méthode, une enquête complète doit être réalisée collectant les informations suivantes :

- Matériel de construction ;
- Nombre d'étage ;
- Hauteur de chaque étage ;
- Hauteur du premier étage ;
- Information sur la cave ;
- Age des objets ;
- Photographie.

Le dommage à l'habitat est calculé de la façon suivante :

$$Dommages = H \times C \times p \times A$$

avec H la hauteur, C le prix du m<sup>3</sup>, A la surface en m<sup>2</sup>, p le taux d'endommagement.

Tableau 94 : Les méthodes de la République Tchèque.

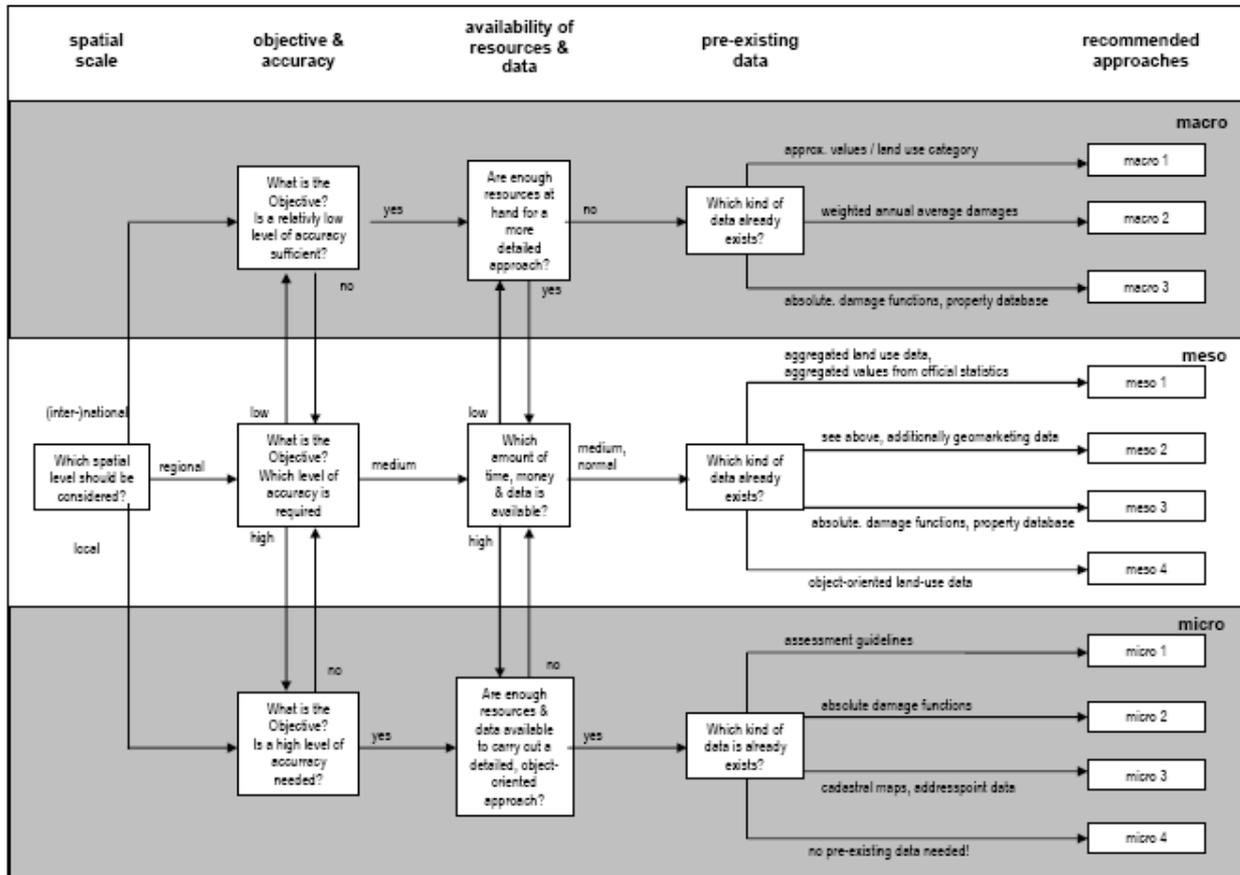
Dommages	Méthode 1, 2 et 3
Directs et tangibles	
Biens résidentiels	M
Inventaire des ménages	M
Véhicules	M
Biens non résidentiels	M
Structures, Stocks, équipements mobiles	M
Elevage	
Infrastructure	
Routes	M
Rails	M
Ponts	M
Infrastructure de communication	M
Cours d'eau	M
Valeur terrain	
Indirects	
Perte de valeurs ajoutées	M (conséquence du chiffre d'affaires)
Production agricole	M (seulement les cultures, mesurée en coûts de production)

Coût des secours	
Perturbation du trafic	
Autre	M (coûts d'assurance)
	Perte de position sur le marché
Intangibles	
Population	Q
Santé	M (analyse statistique des données d'une compagnie d'assurance médicale 2000-2004)
Perte environnementale	
Perte d'aménités	
Bien culturel	
Pollution	M

M : en terme monétaire ; Q : autres données quantitatives ; D : Données qualitatives, descriptives

## E. Comment définir le niveau d'échelle de l'approche retenue ?

Figure 3.4: How to find an appropriate approach?



Source : [Messner et al.](#), 2007.

# Grille de lecture

Titre de l'étude :

Lieu / étendu du territoire:

Ouvrage(s) concerné(s) :

Maître d'ouvrage :

Date :

Bureau d'étude :

## 1- PROCESSUS / DEMARCHE

1-1 Pour quelles raisons ?

1-2 Dans quel but ?

1-2-1 Outil technique utilisé uniquement par les techniciens ?

1-2-2 Outil d'aide à la décision ?

1-2-3 Outil de concertation ?

1-2-4 Autres ?

1-3 Pour quels utilisateurs / bénéficiaires futurs ?

1-4 Quel maître d'ouvrage ?

1-5 Dans quel partenariat ?

1-6 Capacité de mise en œuvre :

1-6-1 Travail internalisé : oui – non ?

■ Si oui, lequel ?

■ Si oui, quel coût de mise en œuvre (temps de travail) ?

1-6-2 Travail externalisé : oui – non ?

■ Si oui, lequel ?

■ Si oui, quel coût de mise en œuvre (coût des prestataires) ?

1-7 Capacité à concerter :

1-7-1 Culture ?

1-7-2 Savoir faire ?

1-7-3 Temps ?

1-7-4 Démarche ?

1-8 Volonté de hiérarchisation et de priorisation des projets ?

1-8-1 Pour quelles raisons ?

1-8-2 Pour qui (Interne...)?

## 2- LE PROJET / LES SCENARIOS

2-1 Les données disponibles : Sources ? Simulations ? Coûts d'acquisition (temps, prix) ?

2-1-1 Les données typographiques

2-1-2 Les données aléas / crues

■ Type d'évènements avec ou sans protection(s) ?

■ Type d'évènements avec ou sans rupture(s) ?

■ Origine des données :

ü Modélisation hydraulique

ü Atlas des zones inondables

ü Atlas des PPR

## ü Autres

- Hauteurs d'eau ?
- Vitesse du courant ?
- Durée de submersion ?
- Autres ?

### 2-1-3 Les données enjeux

- Recensement sur approche zonale ou entité de biens ?
- Habitat ?
- Activités économiques ?
- Enjeux agricoles ?
- Infrastructures (établissements publics et réseaux d'équipements publics) ?
- Enjeux humains ?
- Autres ?

### 2-1-4 Les données de coûts

- Coûts d'investissement ?
  - ü Montants ?
  - ü Hypothèses ?
- Coûts de fonctionnement ?
  - ü Montants ?
  - ü Hypothèses ?
- Entretien ?
  - ü Montants ?
  - ü Hypothèses ?
- Amortissement ?
  - ü Montants ?
  - ü Hypothèses ?
- Autres ?
  - ü Montants ?
  - ü Hypothèses ?

### 2-1-5 Les données de dommages

- Dommages directs ?
- Dommages indirects des inondés ?
- Dommages des non inondés en ZI ?
- Dommages des non inondés hors ZI ?
- Dommages non marchands / intangibles :
  - ü Environnement
  - ü Sanitaire
  - ü Pollution
  - ü Psychologique
  - ü Perte d'image pour les entreprises....

2-2 Les nouvelles informations traitées (existantes mais jamais utilisées) ?

2-3 Les données manquantes ?

2-4 Les données créées lors de l'étude ?

2-4-1 Méthode de récolte (enquête ...) ?

2-4-2 Coût de mise en œuvre de ces données (temps de travail, prix) ?

### 3- LES OUTILS : L'ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE

3-1 Analyse coût-bénéfice : dommages évités ?

3-1-1 Evaluation des bénéfices ?

- Méthodes employées ?
- Calculs effectués ?
  - ü Courbe d'endommagement ? Hypothèses ? Origine ? Champs ou thèmes couverts ?
  - ü Dommage moyen annuel ? Hypothèses ?
  - ü Autres ?
- Hypothèses ?

### 3-1-2 Evaluation des coûts

- Méthodes employées ?
- Calculs effectués ?
- Hypothèses ?

### 3-1-3 Le critère de décision ? Indicateur pris en compte ?

- Méthodes employées ? VAN ?
- Hypothèses ?

### 3-2 Autres outils ?

#### 3-2-1 Méthodes employées ?

#### 3-2-2 Hypothèses ?

### 3-3 Exploitation des résultats

#### 3-3-1 Quelles sont les résultats obtenus par outil ?

#### 3-3-2 Intervalle de confiance ?

#### 3-3-3 L'étude va-t-elle au bout de l'analyse socio-économique ?

#### 3-3-4 Les limites et les améliorations possibles ?

#### 3-3-5 Traitement de l'incertitude ?

- Paramètres pris en compte ?

- Méthode d'analyse

#### 3-3-6 Traitement de la sensibilité ?

- Paramètres pris en compte ?

- Méthode d'analyse

#### 3-3-7 Restitution et prise en compte des hypothèses ?

- Présentation de simplifications ?

- Justification de l'importance des hypothèses dans le degré de certitude ?

### 3-4 Degré d'opérationnalité de l'outil

#### 3-4-1 Capacité à utiliser l'outil ? Par qui ?

3-4-2 Comment : Logiciel ? Quelle interface ? Autre ?

3-4-3 Connaissances nécessaires de l'utilisateur : expert, personne avertie, tout public ?

## 4- DECISION FINALE

4-1 Y a-t-il eu une décision ? Quelle était sa nature ?

4-2 Comment s'est prise la décision finale ?

4-2-1 Travail interne ?

4-2-2 Prestataires de service ?

4-2-3 Groupe de travail mis en place ?

4-2-4 Rôle des élus ?

4-2-5 Quel a été le poids des résultats apportés par (les ou) l'outil(s) dans la décision finale ?

4-2-6 Quels ont été les autres critères de décision pris en compte ?

4-3 Comment cette décision a-t-elle été restituée ?

4-3-1 Capacité de concertation ?

4-3-2 Capacité à éclairer la décision ?

■ Par le biais de l'outil ?

■ Autres critères ?

## 5- MISE EN ŒUVRE ET MISE EN PERSPECTIVE

5-1 Obstacles rencontrés liés :

5-1-1 A un manque de connaissance de la méthode en interne ?

5-1-2 Aux divergences entre attentes et résultats obtenus par les prestataires de service ? Dans quelle mesure ?

5-1-3 A une image négative de cette méthode ?

5-1-4 Autres ?

5-2 Perspectives

5-2-1 Comment cet outil a-t-il finalement été utilisé ?

- Outil technique utilisé uniquement par les techniciens ?
- Outil d'aide à la décision ?
- Outil de concertation ?
- Autres ?

5-2-2 Est-ce une démarche généralisable ou est-ce l'analyse d'un seul cas ?

5-3 Droit de propriété intellectuelle de l'étude ? Capacité à récupérer l'étude ?

Avec le soutien de nos partenaires.



Conseil général de l'Hérault



Conseil général du Loiret



Conseil général des Pyrénées-Orientales



**EPTB Charente**

Institution interdépartementale pour l'aménagement  
du fleuve Charente et de ses affluents

EPTB Charente



Les Grands Lacs de Seine



Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du  
Développement Durable et de  
l'Aménagement du Territoire



Région Centre