

Collection « Études et synthèses »

# Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations



**Collection « Études et synthèses » de la Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale (D4E)**

Les publications de la D4E sont disponibles à l'adresse suivante : [www.ecologie.gouv.fr/-Collection-Etudes-et-syntheses](http://www.ecologie.gouv.fr/-Collection-Etudes-et-syntheses)

Titre du document : Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations.

Auteur(s) : Ce document a été rédigé sur la base d'une étude réalisée pour le compte de la D4E par Ledoux Consultants (Bruno LEDOUX), le CEREVE (Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville Environnement – Gilles HUBERT, Claire RELIANT) et le CEMAGREF de Montpellier (Centre national de Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts – Frédéric GRELOT).

Un comité de pilotage du MEDAD a suivi et orienté les travaux de cette étude, il était composé de : Jean GABER, Philippe ORIGNAC, Emmanuel MASSE, Geneviève BEAUMONT, Patrick DERONZIER.

Contact D4E : Patrick CHEGRANI ([patrick.chegrani@ecologie.gouv.fr](mailto:patrick.chegrani@ecologie.gouv.fr) - 01 42 19 25 78)

Référence du document : 2007-03 (07-E04)

Date de publication : Mars 2007

Crédit photos couverture : Laurent Mignaux - Medad

Ce document n'engage que son auteur et non les institutions auxquelles il appartient.  
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.



**SOMMAIRE**

<b>Chapitre I : Introduction générale</b>	4
1 – Rappel des objectifs de l'étude	4
2 – L'analyse coûts-avantages	4
<b>Chapitre II : La situation en France</b>	7
1 – La position des services de l'Etat vis-à-vis des approches économiques dans les dossiers de subventionnement des ouvrages de protection	7
2 – Considérations générales sur la notion d'avantages (ou de bénéfices)	8
3 – L'évaluation des dommages potentiels : le principe de la modélisation	9
4 – L'étude des enjeux : recensement et caractérisation	11
5 – Les fonctions d'endommagement	16
6 – Le calcul final des dommages	23
7 – Le contexte de réalisation et d'utilisation des ACA en France	26
<b>Chapitre III : La situation en Angleterre</b>	31
<b>Chapitre IV : La situation aux Etats-Unis</b>	49
<b>Chapitre V : La situation en Allemagne</b>	62
<b>Chapitre VI : Présentation de la situation aux Pays-Bas</b>	70
<b>Chapitre VII : Présentation de la situation en Suisse</b>	73
<b>Chapitre VIII : Le projet IRMA-SPONGE - Le cas australien</b>	76
<b>Chapitre IX : Préconisations pour la rédaction d'un guide méthodologique et pour améliorer les méthodes disponibles</b>	80
1 – Préconisations pour la rédaction d'un guide méthodologique	80
2 – Préconisations pour améliorer les méthodes disponibles	83
3 – Quel intérêt à poursuivre l'exploitation des expériences étrangères ?	86
<b>Bibliographie</b>	87
<b>Liste des documents de travail D4E</b>	110

**RESUME**

*Cette étude dresse un bilan des expériences françaises et étrangères en matière d'évaluation socio-économique des actions de prévention des inondations, notamment à travers l'analyse coûts-avantages (ACA).*

*L'ACA consiste en la comparaison de divers scénarii d'action, sur la base des coûts et bénéfices qui leur sont associés sur une période donnée.*

*Les bénéfices ne sont pas seulement les dommages directs évités (dégâts matériels imputables à l'impact physique de l'inondation), mais ils incluent des dommages intangibles (impacts humains) et indirects évités (coupure de réseaux) qui sont difficiles à exprimer monétairement.*

*Cette étude effectue des préconisations pour la rédaction d'un guide méthodologique sur l'ACA des actions de prévention des inondations – dont les bénéfices se limiteraient aux dommages directs évités. Un tel guide contiendrait les 3 chapitres suivants :*

*1) La modélisation hydraulique : décrire les méthodes, aujourd'hui calées et largement maîtrisées.*

*2) Le recensement et la caractérisation des enjeux : proposer une typologie simple et générale (habitat, entreprises, agriculture, équipements publics), à compléter par la revue critique des informations disponibles (bases de données, méthodes).*

*3) Le choix ou la mise au point de fonctions de dommages (relation entre l'endommagement et l'aléa) : présenter les fonctions existantes (incertitudes, contexte d'utilisation) et un cadre méthodologique des retours d'expérience pour élaborer de telles fonctions.*

*Cette étude propose aussi des pistes pour l'amélioration des méthodes disponibles :*

*- un test méthodologique sur un ou plusieurs sinistre(s) de référence (à documenter précisément),*

*- l'organisation de retours d'expérience systématiques (pour l'amélioration des fonctions de dommages),*

*- le développement de travaux sur des bénéfices actuellement difficiles à monétariser (risque humain, impacts psychologiques).*

*En France, plusieurs études ont développé l'évaluation monétaire des dommages, mais sans que les principes de l'ACA ne soient rigoureusement appliqués.*

*Les expériences étrangères semblent montrer que le développement des ACA est lié soit à une obligation réglementaire (accès aux subventions), soit à une très forte incitation par les pouvoirs publics nationaux.*

*Ce sont les processus de décision qu'il conviendrait de continuer à investir, afin de mieux comprendre le rôle que jouent les approches socio-économiques.*

## CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

### 1 – Rappel des objectifs de l'étude

L'étude visait à dresser un bilan des expériences menées et des méthodes préconisées concernant les évaluations socio-économiques ex ante des instruments de prévention des inondations. Elle devait déboucher sur une revue des éléments acquis et jugés suffisamment pertinents pour que leur utilisation soit préconisée dans les futures démarches d'évaluation et sur des propositions d'orientation des travaux de recherche pour améliorer les points prioritaires à la conduite d'évaluations socio-économiques ex ante.

L'étude s'articule de la manière suivante :

- Un rappel des concepts relatifs à l'analyse coûts-avantages (chapitre I)
- Une présentation de la situation française (chapitre II)
- Une présentation de la situation en Angleterre (chapitre III)
- Une présentation de la situation aux Etats-Unis (chapitre IV)
- Une présentation de la situation en Allemagne (V)
- Une présentation de la situation aux Pays-Bas (VI)
- Une présentation de la situation en Suisse (VII)
- Une présentation du programme IRMA-SPONGE et du cas australien (VIII)
- Une série de préconisations pour la rédaction d'un guide méthodologique et pour améliorer les méthodes disponibles (chapitre IX)

### 2 – L'analyse coûts-avantages

**Résumé :** *L'analyse coûts-avantages (synonyme de l'analyse coûts-bénéfices) est la méthode la plus utilisée en évaluation économique de projet d'investissement. Son principe en est simple : comparer divers scénarios d'action entre eux ou par rapport à la situation de référence sur les base des coûts actualisés dans le temps et des bénéfices attendus actualisés sur la même période. Une des limites majeures de l'exercice réside dans la difficulté à mobiliser des données monétaires relatives aux bénéfices non marchands, ce qui oblige à constituer des situations économiques fictives.*

*En matière d'inondation, un projet de lutte contre les inondations est reconnu opportun dès lors que le coût d'aménagement (les ouvrages) est couvert par un bénéfice en dommages potentiels évités au moins équivalent. Cette approche souffre néanmoins certaines limites ou difficultés de mise en œuvre (les bénéfices ne se limitent pas forcément à la seule réduction des dommages directs, les effets des ouvrages sur l'urbanisation ou la valeur des biens ne sont pas pris en compte...).*

#### 2.1 Généralités

L'analyse coûts-avantages est synonyme de l'analyse coûts-bénéfices. C'est la méthode la plus utilisée en évaluation économique de projet d'investissement.

Le principe général d'une A.C.A. est simple : comparer les coûts actualisés dans le temps aux bénéfices actualisés sur la même période. Autrement dit, il s'agit d'un bilan monétaire complet des coûts et des avantages générés par plusieurs projets (ou scénarios) concurrents. Elle sert à comparer divers scénarios entre eux ou par rapport à la situation actuelle.

Si la valeur monétaire des avantages d'un projet excède ses coûts, l'analyse coûts-avantages en aura établi la rentabilité.

Dans l'idéal, l'ACA implique la valorisation monétaire de tous les effets associés à chaque projet (ou stratégie) : directs, indirects, intangibles. Cependant, la limitation des données restreint souvent la capacité de l'analyste à évaluer de nombreux effets. La pratique de l'ACA a tendance à ne considérer que les effets mesurables (ou marchands).

Les limites résident dans la faible disponibilité des données monétaires relatives aux bénéfices dits non marchands, qui oblige à constituer des situations économiques fictives. En effet, il conviendrait en théorie, dans l'estimation des coûts et avantages, de ne pas prendre en compte les seuls éléments budgétaires, mais aussi d'intégrer l'ensemble des coûts et avantages sociaux et environnementaux, y compris les effets non marchands, les biens et services non économiques.

Il est classique de considérer qu'en matière de projets environnementaux les avantages sont moins bien définis que les coûts. En fait, on dispose de très peu d'études vérifiant a posteriori la pertinence des ACA. Pourtant, lorsque cela a été fait (Etats-Unis), on constate que ce sont les coûts qui ont été mal appréciés alors que les bénéfices ont été globalement correctement évalués.

Le choix du taux d'actualisation est une question lancinante dans ce type d'approche et qui mobilise depuis longtemps les économistes. Ce choix peut conduire à privilégier le présent (approche technique) ou le futur (approche sociétale). Le choix du taux d'actualisation revêt un aspect conventionnel dans le cas où il s'agit de choisir entre différents partis d'aménagement (différents ouvrages hydrauliques par exemple) et non de raisonner sur l'opportunité de faire un aménagement (un ouvrage hydraulique), où son influence est plus lourde.

Attention, il n'appartient pas à l'analyste de prendre la décision. L'analyse coûts-avantages ne se substitue pas au preneur de décision, elle ne prend pas la décision à sa place parce qu'elle ne se réfère qu'à un seul critère de décision. Signalons également que l'ACA est plutôt une méthode utile aux décideurs nationaux ou régionaux, car elle ne s'intéresse pas aux phénomènes de transferts.

## 2.2 Fondements théoriques de l'ACA

L'analyse coûts-bénéfices peut-être résumée en sept principes fondés sur la théorie économique du bien-être<sup>1</sup> :

- Un projet est économiquement « acceptable » si les bénéfices sont supérieurs aux coûts potentiels.
- Comparaison entre le scénario avec projet et le scénario sans projet.
- L'évaluation des coûts est fondée sur les coûts d'opportunité.
- L'évaluation des bénéfices est fondée sur la variation du surplus.
- Les transferts nuls des coûts et des bénéfices sont ignorés.
- L'agrégation temporelle utilise l'actualisation.
- Les variations du bien-être non monétarisable doivent être révélées.

La structure générale de l'ACA peut être déclinée selon 5 étapes mais en pratique il n'existe pas de norme ou de protocole de conduite d'une ACA et la méthode doit être adaptée aux circonstances de l'étude.

1. Délimitation de l'analyse (identification des acteurs concernés, des objectifs, des scénarios, des échelles d'analyse).
2. Identification et évaluation monétaire des coûts et bénéfices.
3. Actualisation des flux de bénéfices et coûts.
4. Choix d'un critère de décision et comparaison des coûts et des bénéfices.
5. Analyse des incertitudes et analyse de sensibilité.

## 2.3 L'ACA en matière d'inondation

L'analyse coûts-avantages mise en œuvre dans le cadre de la gestion des risques naturels consiste, pour chaque source de risque et chaque méthode de prévention disponible, à évaluer respectivement le coût de l'effort de prévention et de le comparer au bénéfice attendu.

Dans le cadre de cette analyse coûts-avantages, un projet de lutte contre les inondations est reconnu opportun dès lors que le coût d'aménagement (investissement et fonctionnement, c'est-à-dire entretien des ouvrages) est couvert par un bénéfice en dommages potentiels évités au moins équivalent.

Le terme dommage est ici pris dans une acceptation très large. Dans la littérature américaine, le terme de « dommages » est strictement réservé aux dommages aux biens, les autres conséquences sont désignées autrement (impact psychologique, atteinte physique, perte d'exploitation, valeur de l'immobilier, etc.). Dans ce cas, la réduction des dommages est un proxy des bénéfices attendus d'une politique de prévention, qui est utilisé dans certaines analyses coûts-bénéfices (c'est l'approche de l'US Army Corps of Engineers). En toute rigueur, ce ne sont d'ailleurs pas les dommages évités qui comptent mais la valeur qui leur est accordée par la société...

L'approximation la plus courante, tant en France qu'à l'étranger, consiste à étudier les avantages sous le seul angle de la réduction des dommages. Le constat est récurrent des difficultés existantes pour apprécier les bénéfices non marchands (réduction de la valeur des biens, coupure de réseau, perturbations extérieures à la zone inondable, impacts humains...). Il ne semble pas exister de ratio permettant d'apprécier indirectement la perte d'utilité.

<sup>1</sup> Tiré de BOUZIT M., 1999

Une des limites majeures de l'ACA en matière d'inondation est que si la protection a pour effet d'augmenter les enjeux dans la zone protégée ou la valeur de ceux existants (agricole par exemple), l'analyse coût-avantage doit en tenir compte. Or, l'expérience montre que c'est fréquemment ce qui se passe dans la réalité. Dans le même ordre d'idée, les ACA réalisées à ce jour n'intègrent pas (en tout cas en France) l'aspect dynamique de l'occupation des sols : on considère implicitement que l'urbanisation ne se développe pas sur les territoires concernés.

Une autre limite est que la méthode nécessite de mobiliser la notion de coût moyen annuel, donc de disposer de l'évaluation des dommages pour un large panel d'événements, des crues fréquentes aux crues exceptionnelles, ce qui n'est pas toujours aisé, notamment lorsque l'on s'appuie sur du retour d'expérience.

Notons enfin, et ce point est largement développé par la suite, que l'on constate un manque de pratique pour la conduite d'une évaluation économique des actions ou projet de protection des risques naturels.

#### Orientation bibliographique :

BOUZIT M. – Eléments méthodologiques pour l'évaluation économique des dispositifs de protection contre les risques torrentiels. MATE-CEMAGREF, décembre 1999, 45p.

MUNIER B. & al. – Rapport sur les méthodes coûts-bénéfices de la prévention des risques naturels. ENS de Cachan, Département d'économie et de gestion, mai 1997, 294p.

## CHAPITRE II : INTRODUCTION GÉNÉRALE

### 1 – La position des services de l'Etat vis-à-vis des approches économiques dans les dossiers de subventionnement des ouvrages de protection<sup>2</sup>

**Résumé :** *Les aménagements lourds de protection contre les inondations réalisés jusqu'à ce jour en France l'ont été sur la base de considérations s'appuyant peu ou pas sur des analyses économiques solides. Ces aménagements sont pour la plupart décidés au lendemain d'événements fortement destructeurs ou meurtriers, leur opportunité économique étant alors jugée suffisamment explicite pour faire l'impasse sur des études approfondies. On pourrait presque dire que jusqu'ici l'obligation morale, la réponse à la demande sociale a prédominé par rapport à l'efficacité économique.*

*Cette situation est probablement en train d'évoluer. Les avancées méthodologiques en la matière ne peuvent qu'inciter les maîtres d'ouvrage et/ou les financeurs à poser comme préalable aux décisions la réalisation d'analyses économiques. De plus, l'exigence d'analyses économiques dans le domaine de la gestion des hydrosystèmes et de la ressource ne fait que s'accroître.*

Aujourd'hui, les travaux de protection contre les inondations sont financés dans le cadre des Contrats de Plan Etat Région (CPER). Le niveau central du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable n'a que peu de remontée sur le contenu précis des projets financés, excepté pour les plus importants d'entre eux. Chaque préfecture gère une enveloppe régionale consacrée à cette question particulière en affectant les financements disponibles aux différents besoins, en concertation avec les partenaires locaux.

Dans les dossiers portés à sa connaissance, la Direction de l'Eau n'a jamais constaté que des arguments économiques quantifiés étaient mis en avant dans la justification des investissements projetés. Les considérations économiques sont purement qualitatives (descriptions des enjeux, précision sur les emplois concernés, etc.).

Rappelons que la doctrine générale de l'Etat vis-à-vis de ces travaux est la suivante :

- Ils doivent viser en priorité des sites à forts enjeux humains.
- Dans le cas où des travaux ne protégeant pas en priorité des vies humaines sont financés, il doit s'agir de travaux protégeant le bâti existant et en aucune façon permettre l'ouverture à l'urbanisation.

L'Etat n'impose ni n'incite à des analyses économiques dans le processus de décision de financement de ces travaux. Constat est fait que ces aménagements sont pour la plupart décidés au lendemain d'événements catastrophiques, donc de manière très conjoncturelle. Ni l'Etat ni les autres financeurs (collectivités territoriales) ne remettent alors en cause le bien fondé de ces investissements et n'exigent des justifications économiques. Pour l'Etat, il importe surtout que ces travaux soient compatibles avec la doctrine énoncée précédemment.

Dans le cadre des appels à projets lancés par le MEDD en octobre 2002, peu d'argumentaires économiques ont été identifiés et ceux-ci restent plutôt qualitatifs. Néanmoins, cette situation est susceptible d'évoluer dans le futur :

- Dans le cadre du projet de guide méthodologique sur le ralentissement dynamique, il est prévu un volet d'incitation à l'analyse économique dans la mise en œuvre de tels aménagements.
- Dans le cadre de la Directive Cadre, il sera de plus en plus nécessaire de développer les approches économiques.
- La faiblesse des approches économiques est imputable en partie à l'absence de méthodes solides et faciles à mettre en œuvre. La mise à disposition de tels outils devrait inciter les porteurs de projet et leurs partenaires financiers à exiger de telles approches.

<sup>2</sup> Ce chapitre synthétise un entretien conduit avec M. LE TRIONNAIRE, chef du bureau de la prévention des inondations et du domaine public fluvial à la Direction de l'Eau du MEDD.

## 2 – Considérations générales sur la notion d'avantages (ou de bénéfices)

**Résumé :** *L'analyse coûts-bénéfices devrait s'intéresser à tous les bénéfices que les aménagements étudiés sont susceptibles d'apporter. Ces bénéfices peuvent être regardés comme une réduction ou une disparition des impacts potentiels que les inondations sont susceptibles d'entraîner en l'absence d'aménagements. Or beaucoup des impacts d'une inondation sont très mal cernés, et donc très difficiles à évaluer a priori et quasiment impossible à exprimer monétairement.*

*Par exemple, les impacts humains sont difficiles à modéliser (pertes en vies humaines, dommages corporels, problèmes de santé) et très mal connus (impacts psychologiques). D'autres conséquences sont également mal cernées, comme la perte de valeur des biens touchés, fonciers ou immobiliers, ou comme l'atteinte à l'image de marque de la région sinistrée.*

*Les bénéfices étudiés se résument donc dans la quasi-totalité des cas à une évaluation des dommages directs évités et à certains dommages indirects (essentiellement la perte d'exploitation des entreprises). De plus, les pertes d'exploitations sont évaluées pour les entreprises directement sinistrées et rarement pour les entreprises qui le sont de manière indirecte (par de dommages provoqués directement par l'inondation mais arrête de production imputable à l'impossibilité d'accès – coupure des voies d'accès – à l'interruption des réseaux d'énergie, etc.).*

Dans l'analyse coûts-avantages (ou coûts-bénéfices) les avantages sont regardés soient comme :

- Les seuls dommages aux biens évités.
- Les dommages évités et les bénéfices non marchands.

Dans la seconde acceptation, les bénéfices ne sont donc pas seulement l'ensemble des dégâts potentiels et évités par la mise en œuvre des ouvrages étudiés, dégâts aisément monétarisables (destruction ou endommagements des biens, pertes d'exploitation) mais aussi tous les impacts que ces ouvrages sont susceptibles d'atténuer ou d'éviter : pertes en vies humaines ou blessés, impacts psychologiques, pertes de valeur mobilière, etc.

### 2.1 Les bénéfices non marchands

En France, les bénéfices non marchands ne sont pas pris en compte dans les ACA (et les approches économiques au sens large). Ces aspects sont très difficiles à modéliser car d'abord extrêmement complexes à cerner.

Par exemple, le retour d'expérience est très limité en matière de vulnérabilité humaine. Les études sur l'Aude et le Gard montrent notamment qu'une partie importante des pertes humaines est imputable aux déplacements (en voiture) des personnes dans les zones inondées, donc à des situations extrêmement aléatoires. Ces pertes sont également dépendantes de la qualité des secours (hélicoptère, présence des pompiers sur les sites les plus dangereux, etc.). Leur modélisation est donc délicate et les quelques données des retour d'expérience ne permettent pas selon nous de proposer des ratios. Par exemple, la catastrophe de Nîmes a fait 11 morts en 1988 (pour 8 communes sinistrées), celle du Gard en 2002 le double (23 morts pour 420 communes sinistrées) et celle de l'Aude le triple (35 morts pour 411 communes).

L'appréciation des impacts psychologiques en est à ses balbutiements, notamment à l'occasion des missions de retour d'expérience récentes (Aude, Bretagne, Somme, Gard). Aucun élément susceptible de proposer une ébauche de « modélisation » en ce domaine n'est disponible.

Beaucoup des dommages provoqués par une inondation ne sont donc pas « monétarisables ». Pourtant, les aménagements visant à réduire le risque inondation permettent de limiter ces impacts (sans que l'on puisse précisément apprécier dans quelle proportion), ce qui constitue bien des « bénéfices ».

La liste ci-dessous propose les principaux impacts des inondations qui ne sont à ce jour ni « modélisables » ni même étudiés par le retour d'expérience :

- Les pertes en vie humaine.
- Les dommages corporels (blessures).
- Les effets sur la santé : stress, impacts psychologiques.
- Sentiment d'insécurité.
- Atteinte de l'image de marque de la région sinistrée.
- Perte de valeur foncière des biens, fonciers et immobiliers, sinistrés.
- Rupture ou perturbation du tissu social, du mode de vie.

Les quelques données disponibles montrent que certains de ces impacts sont parfois positifs : la catastrophe du Saguenay (inondation) au Québec en 1996 a fortement renforcé au sein du pays l'image de cette région qui a su



surmonter cette terrible épreuve ; la fréquentation touristique n'a pas fléchi les années suivantes<sup>3</sup>. L'inondation de l'Aude en 1999 a eu pour effet de faire naître ou de renforcer des solidarités fortes au sein des communes sinistrées<sup>4</sup>. Des associations ont vu le jour qui cherchent à jouer un rôle actif dans la prévention aujourd'hui. On observe un phénomène similaire sur le bassin du Vidourle au lendemain des crues de septembre et décembre 2002.

Inversement, certaines études montrent que les traumatismes psychologiques sont parfois ressentis comme bien plus importants que les dommages directs (voir Torterotot, p. 13). Lors des enquêtes menées auprès des sinistrés plusieurs mois ou années après une inondation, il est fréquent de constater que ce sont ces impacts psychologiques ou les pertes irremplaçables (souvenirs personnels...) qui sont mis en avant plutôt que les biens détruits ou endommagés.

## 2.2 Les dommages monétarisables

On distingue classiquement les dommages directs et les dommages indirects.

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 ou 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.

### Orientation bibliographique :

TORTEROTOT J.Ph. – Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes. Thèse. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1993.

## 3 – L'évaluation des dommages potentiels : le principe de la modélisation

**Résumé :** *La modélisation des dommages repose, quelque soit la méthode, sur trois piliers : la modélisation hydraulique, le recensement et la caractérisation des enjeux, la disponibilité de fonctions d'endommagement.*

*Les systèmes d'information géographique ont permis à la fin des années 80 de mettre au point des outils de simulation des scénarios hydrauliques sur un territoire caractérisé par sa topographie et ses modes d'occupation des sols. Ils ont permis non seulement d'automatiser les calculs économique, de gagner en précision (grâce à la disponibilité des bases de données sur les enjeux, préexistantes ou ad hoc), de disposer facilement d'une gamme très large d'hypothèses et des résultats afférents, mais aussi de disposer d'outils de représentation (la carte) et de communication.*

Évaluer un dommage potentiel nécessite de connaître, sur le site considéré :

- Les caractéristiques de l'aléa étudié.
- La nature des enjeux présents.
- L'équation qui fournit le montant des dommages par croisement de l'aléa et des enjeux.

### 3.1 Les caractéristiques de l'aléa

C'est en général la partie la plus aisément abordable de la modélisation des dommages. Cela ne signifie pas qu'il s'agisse du volet le moins coûteux et le moins lourd à réaliser ; nous entendons par « aisément abordable » le fait que la production de la connaissance de l'aléa dispose de méthodes parfaitement calées et largement maîtrisées par un grand nombre de bureaux d'études.

Il n'en reste pas moins que la qualité des résultats de la modélisation des dommages est en partie tributaire de la qualité de l'étude hydraulique. La relation enjeux-aléa est notamment tributaire d'une (très) bonne topographie car un des paramètres majeurs (mais aussi le plus aisé à calculer) pour expliquer l'ampleur d'un dommage est la hauteur d'eau au droit du site (de l'enjeu) considéré.

<sup>3</sup> Un regard sur l'expérience québécois. Quels enseignements pour la réflexion française ? Bruno LEDOUX, programme EPR, 2002.

<sup>4</sup> Inondations et culture du risque. P. VIDAL NAQUET, 2000.

La précision du modèle sur ce point (hauteur de submersion selon un maillage fin ou hauteur d'eau moyenne sur un « casier hydraulique ») influe donc sur la précision du calcul des dommages.

Les autres paramètres hydrauliques importants sont la durée de submersion (celle-ci est en général correctement fournie par les modèles hydrauliques) et la vitesse du courant (celle-ci joue surtout, mais pas uniquement, en contexte méditerranéen, où les pentes sont fortes ; ce paramètre est en général très mal connu). D'autres paramètres peuvent influencer sur la nature des dommages, comme la nature des sols, notamment au moment du retrait des eaux dans les sols très perméables et mal consolidés (risque d'effondrement de bâtiments, comme observé lors des inondations récentes en République Tchèque). La modélisation de tels phénomènes et de leurs conséquences est à notre connaissance inexistante.

Si la modélisation en milieu naturel ou agricole est aisée, elle est beaucoup plus délicate (ou pour le moins nettement moins précise) en milieu urbain.

La modélisation hydraulique, avant que de fournir ces paramètres, précise bien sûr l'ampleur spatiale des zones inondables, et ce pour différentes périodes de retour des crues. Cet enveloppe des zones inondables est accessible par d'autres approches, comme les études hydrogéomorphologiques ou les atlas des crues historiques.

Les atlas des zones inondables sont des cartes de zonage de l'aléa, les zones correspondant à des niveaux d'aléas définis principalement selon des classes de hauteurs d'eau (par exemple 0 à 50 cm, 50 cm à 1 mètre, plus d'un mètre). Cette information peut-être utilisée pour une approche économique, et ce d'autant plus aisément qu'elle existe sous forme numérique exploitable dans un SIG. Lorsque ces atlas ont été élaborés à partir d'une modélisation hydraulique (ce qui est rarement le cas puisqu'il s'agit souvent d'une approche historique et/ou géomorphologique), il est préférable d'utiliser cette dernière. Sinon, la pertinence de l'utilisation de l'information des atlas est fonction du degré de précision attendu et des classes de hauteurs d'eau adoptées (les approches géomorphologiques ne fournissent pas toujours cette information). Cette remarque est valable pour les cartes d'aléas élaborées à l'occasion de la réalisation des PPR.

Il convient d'ajouter qu'un guide pour le pilotage des études hydrauliques est en cours de réalisation – publication prévue en 2007 – par la DGUHC (Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction du Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer), en collaboration avec le CETMEF (Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales).

### *3.2 Les caractéristiques des enjeux*

La nature et l'ampleur des dommages imputables à la submersion varient naturellement en fonction des biens et des activités exposés, autrement dit de la nature de l'occupation et de l'utilisation des sols dans les zones inondables.

La caractérisation des enjeux constitue donc une étape fondamentale dans la modélisation des dommages potentiels et c'est dans ce domaine que sont actuellement réalisés les plus gros efforts méthodologiques.

Cet aspect est traité dans le chapitre suivant.

### *3.3 Les équations pour calculer les dommages*

La relation qui lie les paramètres hydrauliques et la nature des enjeux pour fournir des montants de dommages est nommée fonction d'endommagement (ou fonction de dommage, ou taux d'endommagement).

Les fonctions d'endommagement peuvent être de diverses sortes (fonction continue, fonction en escalier, simples ratios, s'appliquent à la valeur du bien ou fournir un montant monétaire de dommages...) mais nous conserverons le terme générique de fonction d'endommagement.

Ces fonctions sont mises au point soit par retour d'expérience (observation de dommages constatés à la suite d'inondation), soit à dire d'experts (élaboration sur la base de l'expérience de personnes réalisant des expertises de sinistre ou d'expert du bâtiment).

La disponibilité de ces fonctions et leur précision conditionnent très largement la qualité des évaluations monétaires des dommages potentiels qui peuvent être réalisées.

Cet aspect est traité dans le chapitre 5.

### *3.4 Les SIG : outils incontournables*

Le croisement entre les résultats de la modélisation hydraulique (eux-mêmes résultat du croisement entre le modèle numérique de terrain et les équations hydrauliques) et la cartographie des modes d'occupation et d'utilisation des sols, par le biais des fonctions d'endommagement, a été rendu facile et automatisable grâce aux systèmes d'information géographique (SIG).

L'utilisation pilote et sur un vaste territoire du SIG pour ce type d'approche a été réalisée à l'occasion de l'étude sur

la Seine (début des années 90), où le groupement de bureaux d'études comptait des hydrauliciens et des économistes mais aussi un bureau d'études qui avait développé une application spécifique (aidée par l'ANVAR), intégrant sous SIG la modélisation hydraulique, la cartographie de l'occupation des sols et les fonctions d'endommagement. Par la suite, d'autres bureaux d'études ont développé ce type d'outil orienté sur la cartographie automatisée des zones inondables et accessoirement du calcul économique des dommages puis des produits standardisés sont apparus sur le marché.

Outre l'automatisation des très nombreux calculs, le SIG présente l'intérêt de pouvoir intégrer des bases de données diverses relatives aux enjeux, que ces données soient spatiales (occupation du sol) ou quantitatives (données INSEE par exemple).

L'autre intérêt majeur réside dans la capacité du SIG à produire de la carte, donc à donner à voir l'étendue des zones inondables et les enjeux sinistrables. L'analyse économique dispose alors d'un support de communication précieux.

#### Orientation bibliographique :

MANCHE Y. – Analyse spatiale et mise en place de système d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagnes face aux risques naturels. Thèse, Institut de Géographie Alpine, Cemagref, 2000, 139 pages

## 4 – L'étude des enjeux : recensement et caractérisation

**Résumé :** *La typologie des enjeux est extrêmement variable d'une étude à l'autre, même si les grandes catégories d'occupation et d'utilisation des sols sont classiques. La typologie retenue est en fait fonction des données préexistantes, de leur adéquation avec les objectifs fixés par l'ACA et des moyens financiers disponibles pour constituer si nécessaires des données ad hoc. Mais la typologie des enjeux est surtout conditionnée par la disponibilité de fonctions d'endommagement correspondantes.*

*Deux grands types de recensement et de caractérisation des enjeux peuvent être identifiés : l'approche zonale et l'approche par entité de biens. La première consiste à cartographier le territoire inondable selon une typologie d'occupation des sols puis à attribuer à chaque zone homogène une densité moyenne de biens. Cette cartographie est réalisée le plus souvent par photo-interprétation. Parfois l'information pré-existe à l'ACA, parfois elle doit être élaborée spécifiquement, ce qui a pour inconvénient d'alourdir le budget d'étude mais l'avantage d'une analyse des enjeux parfaitement adaptée aux objectifs. La seconde approche, moins répandue, consiste à recenser chaque enjeux. Cette approche est plutôt bien adaptée pour les zones faiblement urbanisées et pour les petits territoires.*

*Le choix de l'une ou l'autre approche, si il est conditionné par le choix ou la disponibilité des fonctions d'endommagement, conditionne probablement à son tour la qualité de l'évaluation des dommages (l'approche des entités de biens étant a priori la plus précise). Malheureusement, il n'a jamais été testé concomitamment sur un même territoire les deux approches, ce qui aurait permis d'apprécier l'importance des différences de résultat.*

### 4.1 La typologie des enjeux

La typologie la plus courante est la suivante :

- L'habitat (ou « biens des particuliers », intégrant l'immobilier et le mobilier, parfois le véhicule).
- Les activités ou « enjeux économiques » (entreprises commerciales, artisanales, industrielles ; l'enjeu concerne alors le bâtiment, l'outil de production ou le matériel, les stocks mais aussi l'activité en terme de chiffre d'affaire, ou bénéfice).
- Les enjeux agricoles (terrains et sièges d'exploitation).
- Les infrastructures (établissements publics et réseaux d'équipement publics ; les deux sont souvent différenciés, notamment parce que leur traduction cartographique est différente : ponctuelle ou linéaire).
- Les enjeux humains. Ceux-ci sont ubiquistes : ils sont présents au sein des catégories précédentes. Ils sont également mobiles et la question est donc de savoir où risquent-ils d'être au moment de la catastrophe. Les approches traditionnelles consistent à s'intéresser à la population résidente, selon un découpage spatiale subordonnée à la disponibilité des données disponibles (INSEE), et à recenser les établissements recevant du public, caractérisé par de fortes concentrations potentielles de population.

Cette typologie de base peut être affinée en fonction d'une part des objectifs de précision fixée par l'ACA et d'autre part en fonction des données disponibles.

La remarque précédente est en fait à mettre en relation avec les moyens financiers affectés à l'étude. En effet, lorsque les données n'existent pas déjà sous forme de bases de données aisément accessibles, à des coûts faibles et dont le niveau de précision correspond à celui attendu (toutes ces conditions sont rarement rassemblées), il est nécessaire de conduire des investigations spécifiques, dont le niveau de précision est étroitement conditionné par les moyens financiers disponibles.

L'affinement de la typologie des enjeux, dans la perspective d'un calcul économique des dommages, n'a d'intérêt que si l'on dispose pour chaque type et sous-type d'une fonction d'endommagement correspondante.

En règle générale en effet, la typologie traduit la diversité des sensibilités des enjeux à la submersion, autrement dit une propension plus ou moins grande à subir des pertes en cas de submersion (caractéristique l'on pourrait nommer vulnérabilité).

Par exemple, dans le domaine de l'habitat, la première distinction est faite entre l'habitat collectif (immeuble) et l'habitat individuel. Il est de même courant de distinguer les maisons à étage des maisons de plain pied en rez-de-chaussée, en partant de l'a priori que les premières subissent moins de dommage (proportionnellement) que les secondes. Il est courant également d'essayer de distinguer les maisons construites sur remblais ou sur vide sanitaire des maisons dont le plancher habitable est à hauteur du terrain naturel.

La typologie peut-être extrêmement fine, comme par exemple celle retenue dans l'étude Loire :

- Habitat collectif (Type HLM et Autre collectif)
- Habitat individuel type maison de ville (3 catégories)
- Habitat individuel type pavillonnaire
  - En rez-de-chaussée
  - En rez-de-chaussée avec sous-sol (3 catégories)
  - Avec un étage avec sous-sol (3 catégories)
  - Avec un étage sans sous-sol (3 catégories)

Soit au total 15 types d'habitat, où les catégories correspondent à différents niveaux de standing ! On verra dans le chapitre relatif aux fonctions d'endommagement que pour chaque type un coût moyen (ou plutôt une fourchette) a été estimé.

## 4.2 Le recensement des enjeux

Deux approches peuvent être distinguées :

- L'approche zonale de l'occupation des sols.
- L'approche par entité de biens.

### 4.2.1 L'approche zonale

Cette approche se déroule en deux temps :

- Elle consiste d'abord à 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.
- Elle nécessite ensuite d'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.

Dans la réalité, un quartier est rarement homogène du point de vue de sa composition : les enjeux y sont fortement mélangés. Il s'agit donc de retenir la dominante pour qualifier les zones d'occupation du sol. Mais l'exercice est d'autant plus difficile que l'on cherche – en général pour des raisons de coûts de traitement de l'information – à cartographier des zones de grande taille. On peut donc être amené à cartographier des zones « mixtes » : il n'y a pas une dominante mais au moins deux, par exemple habitat et commerces de centre ville (souvent en rez-de-chaussée des immeubles d'habitation). Ces zones mixtes posent évidemment un problème plus délicat pour le calcul des dommages. C'est en milieu rural (agriculture et espaces naturels) que l'on peut espérer cartographier les zones homogènes les plus vastes.

Cette approche zonage ne peut néanmoins faire abstraction de la présence d'enjeux qui ne peuvent être représentés (identifiés et localisés) que de manière soit ponctuelle soit linéaire en raison de leur importance (leur omission au prétexte qu'ils occupent un espace négligeable au regard de la méthode par approche spatiale constituerait une perte d'information essentielle, faussant gravement l'analyse économique). Les enjeux

ponctuels peuvent être par exemple les établissements publics, identifiés le plus souvent non pas en raison des montants de dommages potentiels qu'ils peuvent générer, faibles proportionnellement au reste, mais en raison soit de leur vocation à accueil du public soit de leur vocation lors des crises. Il peut s'agir également d'établissements industriels majeurs, en raison soit de leur poids économique soit des risques qu'ils sont susceptibles de générer en cas de submersion. Les enjeux linéaires sont les réseaux.

En matière agricole, les unités de recensement sont les surfaces des différents types de cultures et les sièges d'exploitation dans le cas de la Loire moyenne, les surfaces et les animaux « utilisant » les espaces prairiaux dans le cas de la Saône (schéma d'aménagement hydraulique destiné à limiter l'impact des crues justes débordantes de la Saône). Les méthodes de recensement croisent dans les deux cas des photographies aériennes ou satellites, des données statistiques et des enquêtes in situ.

#### 4.2.2 Les méthodes de l'approche zonale

La cartographie de l'occupation des sols selon la typologie retenue se fait en règle générale par photo interprétation des photos aériennes du secteur d'étude, issue d'une mission spécifique à l'étude, comme dans le cas du Rhône, ou non.

Cette approche zonale fait rarement l'économie d'une part d'un travail de terrain (calage de la typologie, vérification, recensement d'enjeux particuliers) et d'autre part de l'exploitation d'autres sources d'information (autres cartes existantes, répertoires divers, etc.).

Deux situations peuvent être rencontrées : soit l'information préexiste à l'étude, soit elle doit être constituée spécifiquement pour l'étude.

Dans le cas de l'étude Seine, la base de donnée MOS (Mode d'Occupation du Sol) de l'IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France) a été utilisée. Celle-ci a été élaborée par photorestitution au 1/5.000e (soit une très grande précision, la plus petite entité spatiale enregistrée étant de 625 m<sup>2</sup>) et cartographie de l'espace en 130 postes. Ces 130 postes ont été agrégés en seulement 30 postes pour l'étude des dommages. Dans le cas du Rhône, une mission spécifique a été réalisée. Les prises de vue ont été réalisées au 1/40.000 e et le seuil d'interprétation d'un polygone est de 4.000 m<sup>2</sup>.

Sur la vallée du Rhône, la typologie de l'occupation du sol a été réalisée en 49 postes, répartie suivant les grands thèmes suivant : habitat, activité, équipement, terres labourables, surfaces en herbes, milieux aquatiques et forestiers.

Lors de la constitution de l'information, il convient d'adopter un découpage spatial qui soit identique à celui utilisé par le modèle hydraulique. Plus précisément, il convient de tenir compte des « casiers hydrauliques » qui sont des entités spatiales bien délimitées par des obstacles physiques (comme un remblai routier, une digue, un coteau...) et où les vitesses sont en général faible et des « unités filaires », qui correspondent aux couloirs d'écoulement des crues (où en règle générale les enjeux sont inexistantes).

C'est à l'échelle de ces casiers qu'est constituée la base de données de l'occupation des sols et des enjeux. La difficulté de constitution de cette information sur les enjeux est double :

- D'une part la limite des casiers ne correspondant pas aux entités géographiques des bases de données statistiques standard (type INSEE). Des opérations de réaffectation des données statistiques (souvent disponibles à la commune ou à l'îlot) aux casiers sont alors nécessaires. De la pertinence des méthodes retenues pour ces réaffectations dépend la qualité de l'évaluation, mais les marges d'erreur sont difficiles à apprécier.
- D'autre part, et en lien avec la remarque précédente, il s'agit d'affecter à une information zonale (l'occupation du sol) une information quantitative (nombre de logement, nombre d'entreprises, etc.), sauf à disposer de fonction d'endommagement non pas à l'entité (la maison, l'entreprise) mais à la surface d'occupation du sol (coût du dommage rapporté au mètre carré).

Dans le cas du Rhône par exemple, la base de données de l'occupation des sols et des enjeux par casier contient les informations suivantes :

- L'occupation du sol (OS) dominante.
  - ➔ Elle est obtenue par traitement statistique de la répartition surfacique de l'occupation des sols issue du croisement spatial entre les casiers hydrauliques et la photo-interprétation..
- Le nombre de logements en rez-de-chaussée.
  - ➔ Cette information est obtenue par comptage sur photo des logements sur 5 communes témoins dans chaque classe d'OS puis par extrapolation des densités témoins à l'ensemble de la zone d'habitat, avec un contrôle avec les données communales INSEE.
- Le nombre d'habitants en rez-de-chaussée (calcul du nombre moyen d'habitants par logement, avec les

données INSEE).

- Nombre de commerce de détail en rez-de-chaussée.
  - ➔ Cette information est obtenue par enquêtes auprès des Chambres de Commerce et d'Industrie, qui permettent d'établir des règles de répartition de ces commerces entre les centres urbains, les zones pavillonnaires et les grands ensembles, puis retranscription statistique à partir des données communales du nombre approximatif de commerce dans chaque centre urbain en fonction de sa surface et du type d'urbanisation.
- Nombre de salariés ou d'entreprises par classe NAP.
  - ➔ Pour les entreprises dites « stratégiques » (les plus grosses), des enquêtes systématiques sont réalisées. Pour les autres, la répartition se fait au prorata des surfaces d'activité et d'habitation, avec un contrôle par les données INSEE.
- Pourcentage de surface classée d'intérêt environnemental.
- Présence d'un projet de développement.
  - ➔ Exploitation des zonages existants (Schéma directeur, PLU...).
- Présence d'établissements ou d'équipements vulnérables (équipements EDF, équipements accueillant du public, hôpital, etc.).
  - ➔ Exploitation de la photo-interprétation et autres cartes (type IGN).
- Présence de culture à haute valeur ajoutée.
  - ➔ Exploitation de la photo-interprétation complétée par des enquêtes.
- Nombre de siège d'exploitations agricoles.
  - ➔ Exploitation de la photo-interprétation complétée par des enquêtes.

On pressent aisément, au regard de cette liste très complète d'enjeux, l'ampleur du travail, notamment d'enquêtes et de photo-interprétation, nécessaire pour la constitution d'une base de données enjeux aussi riche.

Sur la Seine, nous avons dit que les 130 postes du MOS avaient été agrégés en une trentaine de postes, dont 6 concernent l'habitat, selon la logique suivante :

- Habitat continu bas.
- Habitat collectif continu haut.
- Habitat collectif discontinu.
- Habitat individuel.
- Ensemble d'habitat individuel identique.
- Habitat de type rural.

Sur le Rhône, la typologie retenue pour l'habitat s'inspire de celle de la Seine mais présente l'avantage d'avoir été élaborée spécifiquement pour l'étude. Elle est décomposée en six classes, selon sa configuration horizontale et verticale : le maillage (continuité / discontinuité), la densité (dense / diffus) et la hauteur des bâtiments (haut / bas) entrent en ligne de compte.

- Habitat continu collectif bas.
- Habitat continu collectif haut.
- Habitat discontinu collectif bas.
- Habitat discontinu collectif haut.
- Habitat pavillonnaire dense.
- Habitat pavillonnaire diffus.

Contrairement à la typologie retenue sur la Loire, celles du Rhône et de la Seine n'introduisent pas ou peu la notion de vulnérabilité du bâti à la submersion.

Dans le cas de l'étude Meuse, une carte dite de « vulnérabilité », qui n'est autre qu'une carte de l'occupation des sols, a été réalisée à l'échelle du 1/10.000 et restitué à l'échelle du 1/25.000 (sauf pour les 4 principaux sites urbains, où la grande échelle est préservée), en exploitant les cartes IGN complétées par des reconnaissances de terrain, l'utilisation de photographies aériennes et d'une enquête auprès des 174 communes riveraines. La typologie de l'OS 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.
- Autres (forêts, prairies, broussailles, friches, plan d'eau).

Signalons que les deux dernières classes ont été approchées et cartographiées en mobilisant une source d'information cartographique existante : la base de données Corine Land Cover.

Le choix de cette typologie, très concise, est pour cette étude étroitement liée aux fonctions d'endommagement utilisées pour le calcul des dommages potentiels (voir chapitre suivant, à chaque catégorie d'OS est associée une fonction de coût). Ainsi, la possibilité d'établissement de ces fonctions de coûts a conduit à agréger deux classes d'habitat initialement envisagées : habitat pavillonnaire et habitat collectif (une seule classe : Habitat hors centre ville), ainsi que les classes zones d'activité industrielle et zone d'activité commerciale en une seule classe (Zone d'activité industrielle et commerciale).

#### 4.2.3 L'estimation de la densité de biens par zone homogène

Sur les villes d'Orléans et de Tours, la modélisation du nombre de logements par surface d'habitat a été abordée par un principe de densité moyenne de logement à l'hectare. Cette densité a été appliquée à partir d'un échantillon représentatif de chaque type d'habitat (comptage du nombre réel de logements sur chaque échantillon, ramené à la surface occupée par l'échantillon). Cette densité moyenne a été ensuite extrapolée en fonction des surfaces d'habitat et répartie suivant les différents critères de la typologie. Pour l'habitat collectif, le principe est le même, excepté qu'il convient de retenir uniquement les logements en rez-de-chaussée des immeubles (les bâtiments collectifs de centre ville ont été considérés comme ne disposant que de commerces en rez-de-chaussée et les immeubles situés en périphérie ont été regardés comme disposant de logement en rez-de-chaussée).

Sur la Seine, le passage de la cartographie de l'occupation du sol aux nombres de logements a été réalisé en croisant le MOS, les données populations-logements de l'INSEE 1990 (statistiques îlot) et l'architecture du modèle à casier. Cependant, cette opération fournit le nombre total de logements et non le nombre de logements en rez-de-chaussée pour chacun des types de zones. Des coefficients de passage ont donc été appréciés, par le biais d'une enquête sur des zones témoins, pour disposer non seulement du nombre de logements en rez-de-chaussée mais aussi de la densité de commerces en rez-de-chaussée, l'importance des sous-sols, la hauteur du plancher habitable par rapport au terrain naturel, un coefficient de qualité du bâti.

#### 4.2.4 L'approche par entité de biens

Cette approche a été retenue, pour les études phares conduites ces dernières années sur les grands bassins français, uniquement sur le bassin de la Loire (sauf pour les villes de Tours et Orléans, où une modélisation type approche zonale a été utilisée, sur la base d'une cartographie de l'occupation des sols au 1/25000e élaborée à partir de photographies aériennes). Elle est utilisée pour des études plus modestes, comme actuellement sur la Durance.

Il s'agit, à l'échelle de chaque casier hydraulique, de comptabiliser précisément le nombre des enjeux étudiés, notamment l'habitat et les entreprises. Cette approche exige un énorme travail d'enquêtes de terrain. Pour l'habitat dispersé, l'utilisation de la carte IGN 1/25.000e a été utilisée le long de la Loire.

Cette reconnaissance terrain « de visu » présente par contre l'avantage de pouvoir adopter une typologie très fine des biens avec la garantie d'une très bonne précision. Nous avons déjà signalé la typologie en 15 postes élaborée sur la Loire pour l'habitat. Cette typologie reflète le souci de traduire la plus ou moins grande vulnérabilité du bâti aux inondations et de nuancer l'évaluation des dommages en fonction de cette vulnérabilité.

La typologie a été bâtie à partir des critères relatifs à la morphologie de l'habitat (présence ou non d'un étage, d'un sous-sol enterré, matériaux utilisés, indirectement liés à la date de construction de l'immeuble...) et de critère de vulnérabilité (dont les matériaux mais aussi le niveau de standing). Ces critères de vulnérabilité ont été arrêtés en même temps que la constitution des « fonctions d'endommagement » (voir le chapitre suivant, le terme de fonction d'endommagement n'est pas ici le plus adéquat puisqu'il s'agit de fourchettes de coûts moyens).

Le principe est le même pour les activités industrielles, artisanales et commerciales. A partir de la liste des établissements présents dans la commune (source INSEE), les enquêtes de terrain permettent de localiser par casier ces établissements. Leur typologie est fournie par l'étude sur les fonctions d'endommagement aux activités (voir chapitre suivant).

#### 4.2.5 Le projet d'un observatoire des enjeux et de la vulnérabilité aux inondations

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a engagé une réflexion sur la mise en œuvre d'un observatoire national de la vulnérabilité. Le principe de cet observatoire est de ne pas concevoir de nouveaux processus de création d'informations mais au contraire d'exploiter les bases de données existantes pour les rendre compatibles avec les objectifs de l'observatoire : rapprochement des BD de l'INSEE et de la DGI pour les enjeux humains, validation des données INSEE par le fichier TVA de la DGI pour les activités économiques, BD déclaration patrimoine et revenu déclaré de la DGI pour les biens des particuliers, valorisation des données DGUHC pour le bâti. Le référentiel reposera sur les zones inondables cartographiées dans les atlas.

L'objectif de cet observatoire est double : informer la population sur les zones inondables, évaluer la politique publique de prévention du risque inondation.

La mise en place de cet observatoire devrait permettre de mettre à disposition des maîtres d'ouvrage, sur l'ensemble du territoire français, des informations standardisés relatives aux enjeux susceptibles d'être mobilisées dans le cadre d'approche du type coûts-avantages.

#### Orientation bibliographique :

SIEE – Etude de faisabilité d'un observatoire des enjeux et de leur vulnérabilité aux inondations. Rapport de phase 1. Analyse bibliographique et synthèse des enquêtes. MEDD-SDPRM, 2002.

## 5 – Les fonctions d'endommagement

**Résumé :** *Au cours des dix à quinze dernières années, une demi-douzaine d'études ont mis au point des fonctions de dommages spécifiques à leur contexte ou bien ont emprunté en les adaptant plus ou moins des fonctions d'endommagement préexistantes. La plupart de ces études se caractérisent par des moyens financiers suffisamment importants pour investir dans la réflexion méthodologique sur cette question, car les maîtres d'ouvrage avaient jugé nécessaire d'y consacrer un budget spécifique.*

*Différentes « philosophie » ont été retenues, que l'on peut différencier selon trois types : la courbe d'endommagement pour un bien donné, mettant en relation les hauteurs d'eau et les pourcentages d'endommagement, la fonction de dommage par zone homogène (principe équivalent au précédent mais appliqué à un espace et non à un bien) et l'approche par coût moyen.*

*Ces fonctions d'endommagement sont aujourd'hui disponibles pour l'habitat, les entreprises et l'agriculture. Leur analyse critique est rendue difficile pour trois raisons : il est souvent difficile de remonter à leurs modalités d'élaboration pour en critiquer les fondements ; il n'a jamais été réalisé une approche comparative des résultats que produirait une évaluation conduite sur un même territoire avec différentes fonctions ; les résultats obtenus n'ont jamais été confrontés a posteriori à un sinistre réel.*

*Soit les fonctions d'endommagement sont élaborées à « dire d'expert », soit elles le sont sur la base d'une exploitation statistique d'observations réalisées à la suite de sinistres réels. Dans le premier cas, les experts du monde de l'assurance sont réticents et septiques vis-à-vis de telles approches. Dans le second cas, les bases statistiques à partir desquelles ont été construites ces fonctions sont probablement discutables (faiblesse des échantillons tant en nombre d'observation qu'en diversité de situations).*

*Les compagnies d'assurance détiennent des bases statistiques importantes mais la publication de données est récente. De plus celles-ci ne sont que des coûts moyens d'indemnisation, sans corrélation avec les aléas et relatives à seulement deux types de biens : l'habitat et l'entreprise, sans nuance dans ces types.*

### 5.1 La fonction « courbe d'endommagement » pour l'habitat

Une telle courbe est construite à partir de valeurs du couple « hauteur d'eau » (hauteur de retour d'expérience (submersion au niveau du bien considéré, plus précisément à l'intérieur, c'est-à-dire du plancher habitable) et « pourcentage d'endommagement du bien considéré », obtenues par observation sur des sinistres).

La courbe d'endommagement est l'option retenue sur l'étude Seine. Pour cette étude, de telles courbes avaient été mises au point dans quelques communes de la région Ile-de-France, à l'occasion de l'élaboration des Plans d'Exposition aux Risques de Villeneuve-Saint-Georges, Albon-sur-Seine et Lagny dans le Val-de-Marne (fin des années 80). Deux courbes étaient ainsi disponibles pour l'habitat : une pour les logements avec sous-sol et une pour les logements sans sous-sol. Elles ont été considérées comme correspondant le mieux au contexte de l'étude Seine.



<b>Habitat avec sous-sol</b>							
Hauteur d'eau par rapport au plancher (m)	-2,7	0	0,5	1	2	3	3,5
Coefficient d'endommagement	1	14,7	21,1	26,5	37,5	48,1	53,5
<b>Habitat sans sous-sol</b>							
Hauteur d'eau par rapport au plancher (m)	-2,7	0	0,5	1	2	3	3,5
Coefficient d'endommagement	1	4,8	11	17,3	29,8	42,3	48,6

**Pourcentages d'endommagement utilisés dans l'étude Seine**

L'utilisation de telles courbes nécessite de déterminer :

- Le nombre de logements en rez-de-chaussée par zone homogène d'habitat.
- Le pourcentage de sous-sol par zone.
- La hauteur du plancher habitable par rapport au terrain naturel.
- La valeur immobilière de chaque type d'habitat.

Cette valeur immobilière a été estimée par enquête auprès des agents immobiliers de huit communes tests de la région Ile-de-France, pour chacun des six types du MOS (voir le chapitre précédent sur la typologie des enjeux). Un coefficient « qualité du bâti » a été introduit pour introduire une modulation en fonction des spécificités communales.

Outre que l'on ne connaît guère la qualité de ces courbes d'endommagement élaborées il y a une quinzaine d'années, un degré d'imprécision est introduit également par l'estimation du nombre de logement de différents types par zone homogène (cf. chapitre 5).

A partir d'une série d'enquêtes dans divers secteurs inondés (Charente-Maritime, Hérault, Saône-et-Loire, Seine-et-Marne, Vienne), J. Ph. TORTEROT a construit des « fonctions de coût de dommages » pour deux types d'habitat et deux types de crue :

Crue rapide, avec sous-sol :	$C = 13,4 h + 31,7$	pour h de -2,35 à 0
	$C = 14,4 h + 31,7$	pour h supérieur à 0
Crue rapide, sans sous-sol	$C = 13,8 h + 31,1$	
Crue lente, avec sous-sol	$C = 43,8 h + 85,2$	pour h de -1,94 à 0
	$C = 46,7 h + 85,2$	pour h supérieur à 0
Crue lente, sans sous-sol	$C = 28,5 h + 4,4$	pour h de 0 à 0,205
	$C = 46,7 h + 0,6$	pour h supérieur à 0,205

### 5.2 La fonction de dommage par zone homogène

Dans l'étude Meuse, il est utilisé des fonctions de dommage qui s'appliquent non plus à une entité de bien mais à l'hectare de zone homogène. De telles courbes nécessitent pour être mises au point une première étape méthodologique qui passe par un recueil d'informations sur les dommages monétaires des différents types de biens. Le BCEOM a ainsi rassemblé de telles informations, notamment à l'occasion d'une étude économique sur l'Orne pour aboutir à des fonctions de dommage par zone homogène d'occupation du sol.

Dans l'étude Meuse, le BCEOM a d'abord conduit un travail d'évaluation a posteriori du coût des dommages de trois crues historiques de la Meuse (1991, 1993 et 1995). Le coût total des dommages générés par ces trois inondations a été recherché, ainsi que sa décomposition par grands types de dommages (les dommages à l'agriculture, aux transports, aux entreprises, aux particuliers, etc.). Ces coûts ont été reconstitués par enquête auprès des détenteurs d'information (services de l'Etat, assureurs...). Les résultats obtenus ont permis l'élaboration de « courbes d'endommagement » (terminologie du BCEOM) pour trois crues de périodes de retour différentes (ces courbes ne s'appliquent donc pas à un bien mais à l'ensemble du territoire de l'étude).

Les coûts de dommages par mètre carré par type d'occupation des sols dont disposait le BCEOM, issues d'études antérieures, ont été calées et ajustées pour être rendues cohérentes avec ces données historiques. Par essais-erreurs, le modèle de simulation des dommages (croisant les résultats de la modélisation hydraulique, la répartition des enjeux et les courbes d'endommagement) a été utilisé pour retravailler ces courbes.

Le principe d'un calage des fonctions d'endommagement disponibles à partir des données relatives aux dommages enregistrés lors de sinistres récents nous semble une démarche intéressante. Cependant, ce calage se

fait à une échelle très grossière, tant du point de vue du territoire considéré (la vallée de la Meuse) que de la décomposition des coûts (les données recensées relatives aux montants de dommages sont hétérogènes et plus ou moins précises d'un thème à l'autre).

J. Ph. TORTEROT, à partir des « fonctions de coût de dommages » mises au point par traitement statistiques de données issues de différents sites inondés (cf. 6.1) a élaboré des « fonctions de coût élémentaires à l'habitat en zone urbanisée par hectare », en prenant en compte les spécificités du territoire de sa thèse (Loire moyenne) : pourcentage de surface occupée par les 6 types d'habitat retenu et densité de logements, taux de logements en rez-de-chaussée.

<b>CENTRE-VILLE</b>									
11.2	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	8.4	11.2	
1241.	0.	2.63	13.8	156.	170.	350.	970.	1241.	
3704.	0.	0.	36.3	60.2	91.1	697.	2789.	3704.	
<b>URBAIN CONTINU</b>									
11.2	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	8.4	11.2	
2384.	0.	13.	68.3	406.	443.	913.	1920.	2384.	
6875.	0.	0.	180.	247.	332.	1907.	5306.	6875.	
<b>URBAIN NON CONTINU</b>									
11.2	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	5.6	11.2	
2043.	0.	12.1	63.4	375.	409.	843.	1268.	2043.	
5814.	0.	0.	167.	229.	307.	1761.	3200.	5814.	
<b>GRAND COLLECTIF</b>									
11.2	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	11.2		
2237.	0.	12.8	67.2	375.	409.	843.	2237.		
6480.	0.	0.	177.	240.	318.	1772.	6480.		
<b>PAVILLONNAIRE</b>									
6.	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	6.		
2524.	0.	37.9	199.	688.	751.	1550.	2524.		
6756.	0.	0.	523.	649.	803.	3469.	6756.		
<b>CENTRE BOURG / VILLAGE</b>									
8.	-2.35	-1.94	-0.20	0.	0.205	2.8	8.		
1491.	0.	3.87	20.3	311.	339.	700.	1491.		
4044.	0.	0.	53.5	100.	161.	1373.	4044.		

Fonctions de coûts élémentaires à l'habitat par hectare

In J. PH. TORTEROT, 1993

Première ligne : hauteur en mètres (par rapport au plancher habitable ?)

Seconde ligne : coûts pour une crue rapide en KF

Troisième ligne : coûts pour une crue lente

### 5.3 La fonction « coût moyen » pour l'habitat

Dans le cas de l'étude Loire, et pour l'habitat, la construction de fonctions d'endommagement a été réalisée avec l'aide d'experts (cinq) intervenant pour le compte des compagnies d'assurance pour évaluer le montant des sinistres, notamment après une inondation mais pas uniquement, choisis justement en raison de leur expérience en matière de sinistre inondation. L'*a priori* était que ces experts pouvaient, collégalement, proposer des fonctions « à dire d'experts », sans avoir à traiter de manière statistique leurs dossiers sinistres. Cette démarche avait néanmoins été précédée par une exploitation statistique de plusieurs dizaines de dossiers sinistres inondations dans quelques cabinets d'experts, afin de disposer d'une base de travail avec le groupe d'experts.

On notera que les experts se sont prêtés avec une certaine réticence à l'exercice. Ils ont mis en avant que les coûts d'un sinistre à l'habitat pouvait varier dans des proportions importantes (au moins de 1 à 3), car un très grand nombre de paramètres expliquent l'ampleur des dommages (liés notamment au bâti mais aussi aux modes de vie des habitants, à la qualité de l'alerte et aux réactions des gens, aux mesures de sauvegarde prises après le sinistre qui peuvent influencer dans des proportions très importantes la gravité des endommagements).

L'idée de modéliser les dommages à l'habitat sous forme de fonction d'endommagement mettant en relation la valeur d'un paramètre hydraulique (la hauteur d'eau ou la durée de submersion) avec un pourcentage d'endommagement du bien n'a finalement pas été retenue. D'une part les experts ont été unanimes pour considérer que la hauteur d'eau n'est pas un critère déterminant pour expliquer l'ampleur des dommages (position plutôt surprenante, car les exploitations statistiques disponibles – réalisées pour des hauteurs faibles, inférieures ou égales à 1m-1,50 m – confirment plutôt que globalement les dommages augmentent avec les hauteurs). Ils ont donc suggéré une position radicale : l'eau pénètre dans le bâti, et il y a un coût moyen quelque soit la hauteur de submersion ou n'y entre pas. D'autre part, cet avis des experts était assez cohérent avec la réalité de l'inondation en Loire moyenne : celle-ci se produira par rupture des digues et donc submersion très importante des casiers. On est donc dans une situation de tout ou rien : soit l'eau ne pénètre pas dans le casier soit elle y pénètre et au pic de la crue les hauteurs seront en général importantes (voir très importantes).

Une grille de coûts moyens indépendants des hauteurs de submersion (mais en Loire moyenne, ces hauteurs, pour les scénarios de crue étudiés, seront importantes) a donc été élaborée avec les experts. Ces coûts moyens sont indiqués dans le tableaux suivants : ils sont en KF et l'étude date de 1997.

	Coût moyen (KF)	Coût moyen valeur basse	Coût moyen valeur haute
<b>Habitat collectif</b>			
Type HLM	70	60	80
Autre collectif	130	70	150
<b>Habitat individuel type maison de ville</b>			
Standing 1 (reconstruction après guerre)	110	70	150
Standing 2 (maison de faubourg fin 19 <sup>e</sup> début 20 <sup>e</sup> )	175	150	200
Standing 3 (maisons bourgeoises fin 19 <sup>e</sup> )	225	200	250
<b>Habitat individuel type pavillonnaire</b>			
En rez-de-chaussée	115	110	120
En rez-de-chaussée avec sous-sol Standing 1	100	80	120
En rez-de-chaussée avec sous-sol Standing 2	145	120	170
En rez-de-chaussée avec sous-sol Standing 3	220	170	270
Avec un étage avec sous-sol Standing 1	125	100	150
Avec un étage avec sous-sol Standing 2	175	150	200
Avec un étage avec sous-sol Standing 3	250	200	300
Avec un étage sans sous-sol Standing 1	145	120	170
Avec un étage sans sous-sol Standing 2	195	170	200
Avec un étage sans sous-sol Standing 3	280	230	330

*Coûts moyens de dommages à l'habitat tirés de l'étude Plan Loire, 1997*

#### Orientation bibliographique :

BCEOM – Etude et modélisation des crues de la Meuse. Etablissement Public d'Aménagement de la Meuse et de ses Affluents, 2001.

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

DALMASSO G. – Adaptabilité au contexte rhodanien des méthodologies d'évaluation des impacts économiques des inondations. Le cas de l'habitat. Mémoire de DESS Université Paris VII, DIREN Rhône-Alpes, Délégation de bassin, 2000, 124 p.

LEDOUX B. – Caractérisation et évaluation des dommages à l'habitat en Loire moyenne. L'apport des experts d'assurances. Equipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, 1997, 24 p.

LEDOUX B. – Evaluation des dommages aux activités. Approche assurantielle. Equipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, 1997, 3 tomes.

### *5.4 La fonction « courbe d'endommagement » pour les entreprises*

Les dommages potentiels aux entreprises sont probablement les plus difficiles à modéliser. Cela est dû d'abord et avant tout à leur extrême diversité. Autant il est possible de décliner le thème de l'habitat en quelques types seulement, autant les entreprises sont quant à elles déclinables en dizaine ou centaines de types.

Une conséquence de cette diversité est qu'il est difficile de trouver des bases statistiques solides pour calculer des coûts moyens ou des fonctions d'endommagement solides. Les échantillons disponibles, soit auprès des assurances soit auprès des organismes consulaires qui gèrent les aides à la suite de sinistre, sont souvent peu étoffés pour un type donné.

Trois approches sont identifiées dans la littérature :

- L'adoption d'un ratio appliqué au montant calculé des dommages à l'habitat. Un tel ratio a été utilisé dans la première phase de l'étude Seine, dont la valeur était totalement empirique et sans guère de fondement.
- La mise au point d'une fonction d'endommagement unique, quelque soit le type d'activité, à partir de données d'enquête. Cette approche serait valable si l'on s'intéressait à un type d'activité relativement homogène, comme par exemple les commerces de centre-ville. Appliquée à une large gamme d'entreprise (petit commerces mais aussi grandes surfaces, industries, artisanat, services...), la fonction que l'on obtient n'a guère de sens.

- L'élaboration de fonctions d'endommagement pour plusieurs types d'entreprises, sur la base d'un dire d'expert conforté par quelques traitements statistiques. C'est cette approche qui est développée ci-dessous.

Cette approche a été retenue dans le cadre de l'étude Seine et Loire, les deux maîtres d'ouvrage de ces études ayant choisi de financer une démarche commune sur le thème des dommages aux entreprises.

Elle a consisté dans une première étape à interviewer des experts intervenant pour le compte des compagnies d'assurance et qui avaient expertisé de manière préférentielle des entreprises car leur domaine de compétence était les sinistres en entreprises (et pas seulement pour les inondations mais pour tous les sinistres couverts par les assurances). Ce travail a visé d'abord à caler une typologie des entreprises qui traduisent autant que faire se peut des différences de vulnérabilité vis-à-vis de la submersion. Ensuite, il a été demandé aux experts de proposer des coefficients d'endommagement, variables en fonction de différentes hauteurs d'eau, pour les trois composantes suivantes : les stocks, les machines outils, l'immobilier.

Dans une deuxième étape, il s'est agi d'attribuer une valeur, pour chaque type d'entreprise retenu, aux stocks, aux machines outils, à l'immobilier. Cela a été réalisé à partir de l'exploitation de données statistiques nationales fournies par l'INSEE<sup>5</sup>. Deux types de chiffres ont été calculés : la valeur par salarié et la valeur par entreprise.

In fine, les « fonctions d'endommagement » ont été mises au point en appliquant les coefficients d'endommagement proposés par les experts aux valeurs moyennes nationales tirées des données de l'INSEE : elles fournissent ainsi des coûts moyens aux stocks, aux machines outils et à l'immobilier, soit par salarié soit par entreprise, autour de valeur seuil en matière de hauteur d'eau, essentiellement 80 cm.

Des fonctions ont également été mises au point pour calculer les pertes d'exploitation, sur le même principe (estimation des durées d'interruption avec les experts, estimation de chiffre d'affaire moyen avec les données INSEE).

Pour la Seine, le recensement des entreprises étant moins précis, le nombre de fonction est plus réduit.

Cette approche a eu le mérite de passer d'une situation où l'on utilisait un ratio entre dommages à l'habitat et dommages aux entreprises ou une seule fonction de dommages à une situation où l'on dispose d'une plus grande palette de fonctions. Leur mode d'élaboration est parfaitement discutable et le niveau de précision totalement inconnue. Les maîtres d'ouvrage sur la Seine et la Loire ont néanmoins adopté ces fonctions pour le calcul des dommages aux entreprises sur leur territoire. Depuis, aucune étude n'est venue confirmer ou infirmer le bien fonder de la démarche et la qualité des résultats ainsi obtenu. Surtout, aucune mise à jour n'a été faite, soit à partir de données plus récentes de l'INSEE, soit à partir de l'expérience dorénavant plus grande des experts. Les bureaux d'études se contentent seulement d'actualiser les fonctions d'endommagement.

### 5.5 Les données en provenance de l'assurance : quels intérêts ?

La principale critique qui peut être avancée, de notre point de vue, aux fonctions d'endommagement, pour celles élaborées sur la base d'observations de dommages suite à des inondations, est de reposer sur des bases statistiques fragiles. Les échantillons mobilisés sont le plus souvent constitués d'un nombre restreint de données et probablement insuffisamment représentatifs des différentes situations possibles.

Le souci de disposer d'une base statistique plus solide conduit naturellement à se tourner vers les compagnies d'assurance, au motif que celles-ci sont censées disposer de données très nombreuses sur les dommages à l'habitat et aux entreprises depuis la mise en place du système d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (dit CATNAT), c'est à dire depuis 1982.

La réalité a longtemps été décevante, car les compagnies d'assurance pendant de nombreuses années ont élaboré très peu d'information statistique sur le sujet et de manière extrêmement agrégée (information à l'échelle du département, rarement pour un seul événement, sauf pour les plus importants). La raison en était simple : l'approche actuarielle est inexistante puisque la couverture est rendue obligatoire par l'Etat et que le montant de la prime est identique pour tous les assurés et fixés par l'Etat.

D'autres obstacles expliquaient la faiblesse de l'information détenue par les compagnies d'assurance :

- L'information de base sur les dommages, technique et précise, est détenue par les experts qui interviennent pour le compte des compagnies d'assurance pour l'évaluation des sinistres et qui sont en règle générale des cabinets indépendants. L'information qui remonte vers les compagnies et conservée par elles est donc très agrégée.

<sup>5</sup> Tableau d'analyse financière des sociétés en 1992. Résultats définitifs 1992 du système intermédiaire d'entreprise développé. M.-N. SUIN, INSEE RESULTATS, N°485 – Système productif N°11 1, août 1996.

Images économiques des entreprises au 1-01-1994, tome 1 (industries de biens d'équipement et des biens intermédiaires), tome 2 (industrie automobile, biens de consommation, énergie...), tome 3 (commerce, transport, services aux entreprises...), INSEE RESULTATS, N°466-467-468 – Système productif N°105-1 06-107, mai 1996

- Les compagnies comme les experts s'intéressent au montant des dommages et au calcul du règlement, sur la base d'un contrat. Ce qui n'était pas déclaré pour pris en compte dans le contrat, et donc couvert, n'est pas pris en compte.
- Compagnies et experts ne s'intéressent pas à l'aléa mais aux dommages : les hauteurs d'eau et autres paramètres susceptibles d'expliquer l'ampleur des dommages ne les intéressent pas. Cette information n'est donc pas relevée. Dans les dossiers que nous avons eu l'occasion de consulter chez les cabinets d'experts, la hauteur d'eau était notée dans un dossier sur trois en moyenne.

Les compagnies ne sont donc capables au mieux que de fournir des coûts moyens pour l'habitat et les entreprises. Au cours des années récentes, la situation a sensiblement évolué, car les compagnies ont réalisé un effort important de statistique en matière de catastrophes naturelles. Elles publient aujourd'hui, notamment à la suite des grandes inondations récentes (Aude, Bretagne, Somme), des statistiques plus fines que par le passé. Néanmoins, ces données, pour ce qui intéresse une démarche d'évaluation *a priori* des dommages, restent des coûts moyens à l'habitat et aux entreprises. Aucune corrélation n'est disponible entre par exemple une hauteur d'eau et un coût moyen. De même, aucune distinction n'est faite entre différents types d'habitat, le coût moyen étant calculé pour l'ensemble du portefeuille des compagnies et non en fonction des caractéristiques du bâti. Si le coût moyen a un sens pour l'habitat, il n'a guère de sens pour les entreprises, dont la diversité est extrême.

De plus, les données assurances correspondent à des montants d'indemnisation et non aux montants des dommages. L'indemnisation est toujours inférieure aux dommages, ne serait-ce qu'en raison de la franchise : celle-ci est faible et unique pour l'habitat mais très importante et variable pour les entreprises. La donnée assurance sous-estime donc le montant réelle des dommages.

Enfin, la donnée assurance souffre encore d'une certaine confidentialité et les modalités de calcul ne sont pas publiées. Une étude en cours dans le Gard indique que le coût moyen des dommages à l'habitat estimé par les experts consultés est de 13.000 à 15.000 € alors que le coût moyen fourni par les compagnies d'assurance est d'environ 8.000 €.

### 5.6 Les fonctions d'endommagement pour l'agriculture

Dans sa thèse (1993), J. Ph. TORTEROTOT a proposé des « fonctions de coûts élémentaires aux cultures agricoles par hectares », en exploitant divers travaux plus ou moins anciens (1970 à 1991), pour 15 types différents de culture (voir page suivante).

Mais en matière d'évaluation des dommages aux inondations, les travaux les plus récents et les plus approfondis sont ceux de la société AScA, menés pour l'Équipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature et visant à évaluer les dommages agricoles liés à une inondation des vals de la Loire moyenne. Outre ses propres investigations, AScA a également exploité les travaux menés par la Chambre d'Agriculture de Saône et Loire, réalisé en 1990 pour l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse dans le cadre de l'élaboration d'un schéma d'aménagement hydraulique destiné à limiter l'impact des crues justes débordantes de la Saône.

La mise au point des fonctions de dommages est réalisée essentiellement à partir de l'expertise de l'équipe d'étude et de dires d'experts locaux. Elle consiste à définir pour chaque type d'enjeu (hectare de culture, animal, siège d'exploitation) un coefficient de dommages pour chaque aléa niveau considéré. Pour les surfaces de cultures, le calcul repose dans les deux cas sur l'estimation de la perte de rendement, sur le chiffre d'affaires moyen de la culture dans la région considérée et sur les éventuelles charges de resemis si une éventuelle réimplantation est possible.

En ce qui concerne les sièges d'exploitation, le calcul réalisé par AScA repose sur une estimation de la valeur des stocks et de leur coefficient de destruction, ainsi que sur une estimation de la valeur des dommages au matériel et aux bâtiments agricoles. Le problème de la diversité potentielle des situations en la matière (chaque siège d'exploitation est a priori différent du point de vue des stocks, du matériel et des bâtiments) a été résolu par le classement, après enquêtes de terrain, des sièges d'exploitation au sein d'une typologie d'une dizaine de types et la recherche de coefficients « moyens » pour un type donné.

En ce qui concerne enfin les animaux, la caractérisation du dommage unitaire réalisée par la Chambre d'Agriculture de Saône et Loire repose sur le coût du fourrage nécessaire pour pallier l'impossibilité de pâturer les parcelles inondées, sur la perte de production laitière ou la perte de croissance journalière occasionnées par le stress et sur la prise en compte d'un risque d'avortement accru l'année suivant l'inondation.

Ces deux études, relativement similaires dans leurs principes, débouchent donc sur une estimation des dommages potentiels directs sur l'activité agricole. Les dommages indirects tels que les intérêts des emprunts de trésorerie, les coûts de nettoyage, l'augmentation de la pression parasitaire ou encore les baisses éventuelles de qualité des

sols ne sont pour la plupart pas pris en compte dans ces études compte tenu des difficultés méthodologiques soulevées par de telles estimations. Le calcul des dommages subis via les animaux exposés, réalisé par la Chambre d'Agriculture de Saône et Loire, pousse relativement loin l'estimation financière des conséquences à moyen terme de l'inondation (avortement les années suivantes, etc...). Il souligne en même temps les limites d'un tel exercice, avec des marges d'incertitudes qui augmentent avec le caractère indirect et différé dans le temps du dommage considéré. Enfin, les dommages non monétarisables tels que les impacts psychologiques sont totalement laissés de côté par ces travaux.

Tableau VIII.D.6 : fonctions de coûts élémentaires aux cultures agricoles (par hectare)  
(la première ligne représente les durées de submersion en heures, la seconde les coûts en hiver en kF au troisième trimestre 1991, la troisième les coûts au printemps, la quatrième les coûts en été, la cinquième les coûts en automne; la première colonne constitue une valeur maximale prise en compte dans le modèle local)

<b>SERRES</b>						
720.	0.	168.	720.			
3240.	154.	2470.	3240.			
3240.	154.	2470.	3240.			
3240.	154.	2470.	3240.			
3240.	154.	2470.	3240.			
<b>CULTURES MARAICHERES</b>						
0.	0.	720.				
9.78	9.78	9.78				
30.87	30.87	30.87				
38.59	38.59	38.59				
27.27	27.27	27.27				
<b>HORTICULTURE</b>						
0.	0.	720.				
617.	617.	617.				
617.	617.	617.				
617.	617.	617.				
617.	617.	617.				
<b>LEGUMES EN CHAMP</b>						
0.	0.	720.				
9.78	9.78	9.78				
30.87	30.87	30.87				
38.59	38.59	38.59				
27.27	27.27	27.27				
<b>VIGNES</b>						
720.	0.	24.	48.	120.	360.	720.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10.29	0.	0.	2.10	4.78	10.29	10.29
10.29	0.	0.	2.37	10.29	10.29	10.29
33.96	0.	0.	8.49	33.96	33.96	33.96
<b>VERGERS 4 ESPECES</b>						
288.	0.	288.				
0.	0.	0.				
61.7	0.	61.7				
92.6	0.	92.6				
30.5	0.	30.9				
<b>AUTRES CULTURES PERMANENTES</b>						
0.	0.	720.				
180.	180.	180.				
180.	180.	180.				
180.	180.	180.				
180.	180.	180.				
<b>BLE ET ORGE D'HIVER</b>						
720.	0.	36.	120.	216.	312.	720.
2.52	0.	1.81	2.52	3.52	3.52	2.52
6.87	0.	0.906	1.81	3.62	5.43	6.87
3.62	0.	0.906	1.81	3.72	3.62	3.62
2.52	0.	0.906	1.81	2.52	2.52	2.52
<b>MAIS GRAIN</b>						
720.	0.	72.	120.	168.	216.	312.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6.36	0.	2.07	3.40	4.27	5.15	6.36
8.07	0.	0.	0.807	2.02	3.23	4.84
0.242	0.	0.	0.	0.	0.242	0.242

VIII.D.10

<b>AUTRES CEREALES</b>						
720.	0.	12.	48.	120.	264.	720.
0.378	0.	0.095	0.378	0.378	0.378	0.378
4.15	0.	0.754	1.98	3.02	3.02	4.15
1.89	0.	1.32	1.89	1.89	1.89	1.89
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<b>MAIS FOURRAGE</b>						
720.	0.	72.	120.	168.	216.	312.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6.36	0.	2.07	3.40	4.27	5.15	6.36
8.07	0.	0.	0.807	2.02	3.23	4.84
0.242	0.	0.	0.	0.	0.242	0.242
<b>AUTRES CULTURES FOURRAGERES</b>						
528.	0.	48.	96.	150.	264.	528.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
1.13	0.	0.	0.	0.110	0.772	1.13
1.13	0.	0.	0.172	0.257	0.772	1.13
1.13	0.	0.	0.	0.	0.772	1.13
<b>PLANTES SARCLEES</b>						
360.	0.	36.	120.	216.	312.	360.
14.41	0.	4.12	10.29	14.41	14.41	14.41
18.52	0.	8.23	16.46	18.52	18.52	18.52
20.58	0.	8.23	14.41	18.52	20.58	20.58
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<b>CULTURES INDUSTRIELLES</b>						
720.	0.	36.	120.	216.	312.	720.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4.78	0.	0.556	1.67	3.33	4.78	4.78
5.56	0.	0.167	0.778	1.47	2.22	5.56
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<b>SURFACE TOUJOURS EN HERBE</b>						
720.	0.	168.	264.	360.	528.	720.
1.13	0.	0.	0.	0.	0.206	1.13
1.13	0.	0.	0.772	0.902	1.13	1.13
1.13	0.	0.	0.772	0.902	1.13	1.13
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<b>AUTRES CULTURES</b>						
0.	0.					
0.	0.					
0.	0.					
0.	0.					
0.	0.					

Autres cultures fourragères

En l'absence d'informations plus précises, nous avons repris les coûts correspondant à la surface toujours en herbe, avec des seuils de durée plus courts pour le début des dommages (BCEOM, 1970), et des dommages en automne égaux à ceux subis au printemps et en été.

Autres cultures

Les surfaces concernées sont faibles en valeur relative, et nous avons choisi de négliger ces coûts plutôt que de considérer des valeurs entièrement fictives.

VIII.D.11

### 5.7 Conclusions

Les sources d'erreur ou d'approximation sont :

- Liées à la caractérisation des enjeux. A priori, l'approche par « comptage » par enquête terrain des différents biens (habitat, entreprises...) est plus proche de la réalité que l'approche zonage, qui nécessite d'une part de retenir une occupation du sol dominante par entité spatiale retenue pour la cartographie de l'espace et d'autre part une estimation du nombre d'entités de bien par hectare de zone homogène. Par contre, sur de très vastes superficies, l'approche zonale est évidemment moins coûteuse.
- Liées aux fonctions d'endommagement. Chaque grande étude a élaborée ou adaptée ses propres fonctions d'endommagement, parfois repris sans modification des fonctions préexistantes. Leur mise au point repose soit sur un retour d'expérience (constat après sinistre puis traitement statistique), qui porte en général sur un échantillon assez réduit d'observations, soit sur du « dire d'experts ». Il n'a jamais été réalisé d'études comparatives de ces différentes fonctions sur un même site. Il n'existe pas non plus de validation des résultats obtenus par rapprochement avec une catastrophe historique.

Les fonctions d'endommagement disponibles concernent uniquement l'habitat, les entreprises et l'agriculture. Des pans entiers d'enjeux ne sont donc pas pris en compte.

Orientation bibliographique :

AsCA – Evaluation des enjeux et des dommages agricoles liés à une inondation des vals de la Loire moyenne. Rapport méthodologique et principaux résultats. Plan Loire Grandeur Nature. 1998.

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.

DELEUZE C., FOTRE C., NUTI I. et PIEROT F. – Evaluation de fonctions de coûts économiques des dommages aux cultures dus aux inondations, ENGREF, 1991.

LONGHINI Marion – Analyse micro-économique de la vulnérabilité aux inondations. Recherche d'un cadre théorique. Cas agricoles. Cemagref, 1998.

TORTEROTOT J.Ph. – Organisation et réalisation d'enquêtes sur les dommages dus aux inondations. Cergrene, Secrétariat d'Etat à la Prévention des Risques Technologiques et Naturels Majeurs, 1988.

TORTEROTOT J.Ph. – Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes. Thèse. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1993.

## 6 – Le calcul final des dommages

**Résumé :** *Le principe du calcul des dommages est, une fois constituée l'information nécessaire, assez simple : il suffit d'appliquer au recensement des enjeux les fonctions d'endommagement correspondantes, avec les valeurs des paramètres hydrauliques au droit de chaque enjeux fournies par le modèle hydraulique, et de sommer chaque résultat, pour chaque crue étudiée.*

*Ce calcul est réalisé d'abord dans la situation actuelle de l'aire d'étude (hors aménagement projeté) puis pour différents scénarios d'aménagement. Ces scénarios sont traditionnellement des ouvrages de protection (ou au sens large des aménagements hydrauliques : recalibrage, coupure de méandre, restauration d'un champ d'expansion de crue...). Mais le principe serait identique pour d'autres types d'intervention, comme une meilleure gestion de l'alerte, une réduction de la vulnérabilité du bâti, etc. Mais pour réaliser ce type de calcul, il serait alors nécessaire de disposer de fonctions d'endommagement influencée par ces opérations : en quoi l'alerte modifie-t-elle la fonction de dommage à l'habitat ? En quoi telle mesure de réduction de la vulnérabilité dans une entreprise modifie-t-elle sa fonction de dommage ? Force est de constater que l'on ne dispose à ce jour d'aucune donnée sur cet aspect.*

*Parfois, le mécanisme de calcul consiste à calculer le coût moyen annuel. Celui-ci résulte de l'intégration du coût des dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. La rentabilité d'un projet ou la comparaison de différents projets ne sont donc plus appréciés sur la base d'une comparaison entre la situation sans projet et celle avec, pour une crue majeure (souvent la centennale) mais à partir de l'expression de ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles, sans projet et avec projet.*

### 6.1 La mécanique de calcul des dommages

Le principe du calcul des dommages est relativement simple même si sa mise en œuvre nécessite un outillage informatique d'autant plus puissant et sophistiqué que le territoire couvert est étendu, complexe hydrauliquement et diversifié du point de vue de l'occupation des sols.

L'utilisation de l'outil SIG permet d'automatiser ce calcul en croisant les différentes « couches » d'information nécessaires à ce calcul :

- Le modèle numérique de terrain.
- L'aléa (issue de la modélisation hydraulique, qui utilise le MNT).
- L'occupation des sols (les enjeux).
- Les fonctions de dommages.

Pour chaque entité hydraulique (en général le « casier » hydraulique) le modèle calcul la hauteur d'eau moyenne du casier puis applique pour chaque type d'enjeu la fonction de dommage correspondant en utilisant cette hauteur d'eau estimée.

Le principe est le même que l'approche des enjeux soit zonale ou par entité de biens. Il est également identique que l'on utilise une fonction de dommage continue ou que l'on mobilise des coûts moyens (dans ce cas, à l'extrême, le principe est celui du tout ou rien – le casier est en eau ou ne l'est pas – et donc le montant des

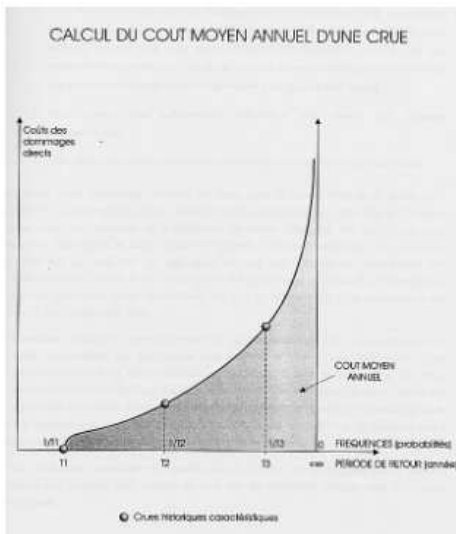
dommages est nul ou égal au coût moyen multiplié par le nombre d'entités).

Le rapport SIEE phase 2 (voir orientation bibliographique) passe en revue les différents modes de calcul pour les différents types d'enjeux, en fonction des approches zonales ou par types d'enjeux.

### 6.2 Le calcul du coût moyen annuel

La mécanique de calcul tel qu'évoqué précédemment consiste à calculer le coût des dommages pour une inondation donnée, puis éventuellement pour toute une gamme d'inondations, de la plus faible (pour la crue juste débordante ou souvent la crue de période de retour 10 ans) à la plus exceptionnelle (crue de période de retour 100 ans ou plus, crue historique la plus forte connue, etc.).

A partir du calcul des dommages pour une gamme de crue de fréquences diverses (ou à partir de la connaissance du coût des dommages de crues historiques d'ampleur différente), il est possible d'approche ce que l'on nomme le « coût moyen annuel », comme schématisé sur le diagramme ci-dessous. Le coût moyen annuel des crues résulte de l'intégration du coût des dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. Il exprime donc ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles.



Pour H. DUMAY<sup>6</sup>, les plus petites crues débordantes sont l'élément significatif d'estimation des dommages. Le coût moyen annuel des dommages est peu influencé par les crues exceptionnelles. Or on a souvent tendance, dans les calculs économiques, à prendre en compte les crues exceptionnelles. Du point de vue coût/efficacité, les aménagements pour des petites périodes de retour sont plus intéressants que des grands aménagements (d'un point de vue strictement économique).

### 6.3 Validation possible par le retour d'expérience ?

La modélisation des dommages potentiels est réalisée principalement, en raison de la disponibilité de fonctions de dommages, sur l'habitat, les entreprises et l'agriculture. Une partie des dommages n'est donc pas calculée. Est-il possible d'apprécier l'importance de ce volet ?

Une piste possible est de regarder ce que nous enseigne le retour d'expérience sur la répartition des coûts lors d'événements inondations. Le tableau suivant indique la répartition des dommages pour différents thèmes à la suite des événements de l'Aude, de la Bretagne, du Gard...

<sup>6</sup> In Le coût du risque. Gilles HUBERT et Bruno LEDOUX, 1999.



## La répartition des dommages imputables à des inondations majeures récentes

	Habitation	Entreprise	Collectivités locales	Agriculture	Autres	Opérations de secours
Nîmes 88 / 636 M€	25%	38%			37%	
Vaucluse 92 / 128M€	18%	18%	41%	18%		5%
Orb 94-95	26%	27,8%	39%	7%		0,2%
Bretagne 00-01 / 159 M€	41%	28%	21%	3%		
Somme 01 / 144 M€	21%	7%	41%	5%	26%	
Gard 02 / 816 M€	12%	38%		18%	32%	

## Sources :

- Evaluation de l'impact économique et financier de la catastrophe de Nîmes, BRGM, 1996.
- Crues de l'Orb des 17/12/1996 et 28/01/1996. Etude économique, Conseil Général de l'Hérault. LEDOUX CONSULTANTS et SIEE, 1996.
- Schéma de restauration, d'aménagement, de gestion et d'entretien du bassin de l'Ouvèze. Syndicat intercommunal d'aménagement du bassin de l'Ouvèze, BVEOM et LEDOUX CONSULTANTS, 1997.
- Les crues des 8 et 9 septembre 2002 dans les départements de l'Ardèche, des Bouches-du-Rhône, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault et de Vaucluse. Premières estimations des dommages. MEDD, PERIEZ, 2002.
- Mission interministérielle d'expertise sur les crues de décembre 2000 et janvier 2001 en Bretagne. MEDD, 2001.
- Rapport de mission interministérielle d'expertise des inondations de la Somme en 2001. IGA, CGPC, CGREF, IGE, 2001.

La typologie des dommages, différente d'un événement à l'autre, ne permet pas toujours des comparaisons aisées et exige des regroupements. Cette typologie est propre à chaque étude ou mission de retour d'expérience.

Néanmoins, ce tableau permet de mettre en évidence quelques points intéressants :

- Le dommage global à l'habitat et aux entreprises représente en règle général plus de 50% des dommages totaux. Deux exceptions à cette règle : le Vaucluse et la Somme, ce qui s'explique par la faiblesse du tissu d'activités touchées. Dans le cas du Gard, nos propres travaux<sup>7</sup> mettent en évidence que la première estimation proposée pour les dommages aux entreprises est probablement à revoir à la baisse, peut-être de moitié, au moins du quart.
- La grande dispersion du poids des dommages à l'habitat (dans un rapport de 1 à 4). Mais le pourcentage le plus faible est celui du Gard et notre étude montre que ce pourcentage devrait être revu à la hausse.
- Les dommages aux biens des « collectivités locales » sont importants, voire très importants. Il s'agit essentiellement des dommages aux équipements et aux réseaux (assainissement, AEP, voirie...). Pour le Gard et Nîmes, ces dommages sont intégrés dans la rubrique « autres » faute d'une différenciation suffisante dans les sources d'information ; néanmoins, on peut avancer sans guère se tromper qu'ils y occupent une place importante. Or ces dommages sont en général très difficiles à modéliser dans les études sur le coût potentiel des inondations.

Ces chiffres ne permettent pas de mettre en évidence de manière solide d'éventuelles règles de répartition entre les différents dommages, qui auraient permis de palier le manque de méthode pour modéliser certains dommages, que l'on aurait pu espéré obtenir avec des ratios issus de ce retour d'expérience.

Pour la région parisienne, la simulation d'une crue de type 1910 indique que la part des dommages aux habitations serait de 40% du coût total, que celle des entreprises serait équivalente, le reste correspondant aux dommages aux équipements. Pour une crue de la Loire moyenne de type 1856, les dommages aux entreprises dominent (60%), suivis par ceux aux logements (25%) et ceux à l'agriculture (10%) et aux équipements (5%). Ces deux estimations ne ressemblent à aucun cas de figure issus du tableau.

<sup>7</sup> Estimation quantitative et qualitative des dommages économiques dans le Gard à la suite des inondations des 8 au 10 septembre 2002. Cas des entreprises et de l'habitat des particuliers. MEDD-SDPRM, juin 2003.

Orientation bibliographique :

SIEE – Etude de faisabilité d'un observatoire des enjeux et de leur vulnérabilité aux inondations. Rapport de phase 2. Analyse bibliographique. MEDD-SDPRM, 2002.

LEOUD CONSULTANTS - EDATER : Estimation des dégâts après « grands événements », MEDD-DPPR-SDPRM, 2001

## 7 – Le contexte de réalisation et d'utilisation des ACA en France au cours de la décennie écoulée

**Résumé :** Deux études, conduites au cours de la décennie écoulée sur deux grands bassins (Seine et Loire), ont fait avancer de manière significative l'évaluation monétaire des dommages. Toutes deux visaient à éclairer des choix d'aménagement en matière de réduction du risque inondation. Ni l'une ni l'autre pourtant n'ont choisi de conduire des analyses coûts-avantages.

Sur la Seine, il s'agissait d'obtenir des ordres de grandeur des coûts potentiels pour conduire une approche comparative des aménagements hydrauliques étudiés antérieurement, pour différents scénarios de crue. Au terme de l'étude, il a été choisi de poursuivre la réflexion sur la création de « casiers hydrauliques » pour la rétention des crues sur le secteur de la Bassée. Sur la Loire, l'objectif initial était bien d'apprécier l'opportunité économique du barrage du Veudre, mais cet objectif a évolué vers la question plus globale « que fait-on en cas d'inondation ? ». Il est vite apparu pour les porteurs de l'étude et les décideurs que limiter l'étude à une ACA aboutirait à une impasse ou à des décisions mal fondées. D'ailleurs, la comparaison des différents scénarios d'aménagement sur la base de la réduction des dommages n'aboutit pas à des conclusions probantes. Les études ont permis d'orienter et de définir des actions de réduction de la vulnérabilité.

C'est finalement sur le bassin de la Meuse qu'a été conduite une étude présentée comme une ACA. Sa vocation était de participer à l'élaboration d'une stratégie de réduction du risque inondation, à base d'ouvrages et d'aménagement hydrauliques. La dimension économique n'était pas demandée par les acteurs locaux mais par l'Etat (notamment la DIREN) et la direction de l'EPAMA. La stratégie finalement retenue nécessite un investissement qui est, sur la base des calculs réalisés et l'utilisation du coût moyen annuel de dommages, amorti en 5 ans. L'ACA ne prend en compte que les dommages directs évités.

Ces études ont fait avancer les méthodes de recensement et de caractérisation des enjeux et les méthodes d'évaluation d'une partie des dommages potentiels provoqués par les inondations. Les principes des ACA ont néanmoins été peu ou pas mis en œuvre pour une véritable aide à la décision, excepté partiellement sur la Meuse (les actions précises ne sont pas encore définies et les décisions définitives ne sont pas encore arrêtées).

### 7.1 Les Grand Lacs de Seine (Institution Interdépartementale des Barrages Réservoirs des Grands Lacs de Seine)<sup>8</sup>

Au début des années 80, l'Institution Interdépartementale des Barrages Réservoirs des Grands Lacs de Seine, le Ministère de l'Environnement (Direction de l'Eau), le Conseil Régional d'Ile-de-France et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie ont engagé conjointement une étude sur la faisabilité et l'intérêt de nouveaux aménagements pour protéger la région Ile-de-France contre les inondations.

Au terme de cette étude, l'impossibilité de hiérarchiser les différentes solutions techniques entre elles sur la base d'une évaluation de leur opportunité économique respective s'est faite sentir. En effet, si l'opportunité hydraulique de différents aménagements était montrée (estimation de la réduction de hauteur d'eau par chaque aménagement par rapport à la crue de référence, celle de 1910) sa traduction en terme de réduction des dommages n'avait pas été appréciée : quel était l'intérêt d'un aménagement permettant une réduction des hauteurs d'eau de 40 cm par rapport à un aménagement permettant une réduction de 60 cm mais d'un coût d'investissement supérieur ?

Les quatre partenaires précités ont donc engagé une nouvelle étude, destinée à évaluer le coût des dommages potentiels dans la situation actuelle et la réduction de ce coût pour différents scénarios d'aménagement. Une modélisation hydraulique complète était cette fois nécessaire et le volet économique devenait une part aussi importante.

<sup>8</sup> Entretien avec J.-L. RIZZOLI, directeur des GLS.

L'étude a été terminée en 1998. L'ensemble des collectivités locales et territoriales a été destinataire d'un CD-ROM contenant l'intégralité des volets de l'étude (hydraulique, économique, atlas).

Depuis 1998, le montant global des dommages potentiels dans l'hypothèse de la récurrence d'une crue de type 1910 a été très souvent repris, notamment dans la presse, et même par la Cour des Comptes)

Les chiffres fournis par l'étude sont très globaux et pour certains thèmes très incomplets. Néanmoins, les Grands Lacs de Seine s'appuie sur ces chiffres pour conduire sa stratégie. Par exemple, les résultats sont utilisés pour sensibiliser et mobiliser le département de Seine et Marne qui n'appartient pas à l'Institution. Les ordres de grandeur qu'a fourni l'étude en matière de coût des dommages sont jugés suffisants.

Au cours de cette étude, une des lacunes des investigations menées dans le volet économique concernait les réseaux. Malgré de nombreuses sollicitations des grands gestionnaires de réseau (SNCF, RATP, EDF...), pratiquement aucune information n'avait pu être collectée pour permettre une évaluation correcte tant du coût des dommages potentiels que de l'ampleur précise des dysfonctionnements potentiels.

Au terme de l'étude, il est donc apparu que l'approche centrée sur les enjeux dits « surfaciques » (zone d'habitat, zone d'activités) était insuffisante et qu'il fallait approfondir la question des réseaux.

Mais celle-ci ne l'a pas été sous l'angle économique mais sous celui de la gestion de crise. La RATP a été la première à engagée type d'étude, qui a abouti à la mise au point d'un plan de gestion de crise. Leur évaluation montre que si un tel plan n'était pas mis en place, 4 ans seraient nécessaires pour une remise en état complète du réseau si celui-ci venait à être inondé. Ce type d'évaluation remet à sa juste place l'impact monétaire du dommage : quand bien même l'étude serait arrivée à chiffrer correctement le montant des dommages directs au réseau RATP, ce chiffre ne traduisait pas à lui seul l'ampleur des impacts que subiraient ces infrastructures et l'activité qu'elles supportent

En matière de réseaux, les problèmes se posent en terme de seuils (de hauteur d'eau). Pour un système donné, en deçà d'un certain seuil, aucun ou peu de dysfonctionnement sont à déplorer ; au delà de ce seuil, la situation bascule immédiatement dans la catastrophe (dommages et dysfonctionnements sont de grande ampleur). La réflexion des aménagements de protection porte donc aujourd'hui sur la fixation d'objectifs de protection vis-à-vis de ces effets de seuil.

En 2001, le conseil d'administration des Grands Lacs de Seine est devenu plus sensible aux résultats issus du volet économique de l'étude. Les inondations en Bretagne puis dans la Somme, les rapports parlementaires (du Sénat et de l'Assemblée Nationale) ont contribué à cette sensibilisation plus forte. Parfois mis sur le devant de la scène les dirigeants des médias (notamment à l'occasion des grandes inondations d'Europe Centrale).

## 7.2 L'établissement Public Loire<sup>9</sup>

L'EPALA (Etablissement public d'aménagement de la Loire et de ses affluents) est née en 1983, sous l'impulsion notamment de l'ancien maire de Tours, Jean Royer. Trois ans plus tard, un programme est signé avec l'Etat et l'Agence de bassin qui prévoit la construction d'une série de barrage en 10 ans (Serre-de-la-Farre, en Haute-Loire, Naussac II et Veudre sur l'Allier, Chambonchard sur le Cher).

En 1994 naît le Plan Loire Grandeur Nature, par décision interministérielle du 4 janvier 1994, traduit dans une charte d'exécution le 6 juillet 1994 passée entre l'Etat, l'EPALA et l'Agence de l'Eau.

Ce Plan compte trois objectifs : la sécurité des populations face aux inondations, la satisfaction des besoins qualitatifs et quantitatifs, la restauration de la diversité biologique. Dans le premier objectif, trois thèmes sont déclinés, les fameux « 3P » : Prévention, Prévision, Protection. La prévention passe par l'identification des zones inondables (atlas) et le contrôle de l'urbanisation dans ces zones (PIG puis PPR). La prévision passe par la modernisation du réseau CRISTAL (base du système de prévision et d'annonce des crues), le renforcement des systèmes d'alerte et l'actualisation des plans de secours. Le volet protection est défini sur la base de ce que l'on a appelé « l'étude Loire moyenne » ; ce volet comprend : le renforcement des levées, les travaux de restauration du lit, l'entretien du cours, la modification des ouvrages de navigation et enfin la définition d'une stratégie de gestion des crues exceptionnelles et fortes en vue d'une décision vis-à-vis de l'ouvrage du Veudre. Cette définition d'une stratégie nécessite l'appui d'une modélisation de l'écoulement des crues et d'une caractérisation des dommages envisageables.

<sup>9</sup> Entretiens avec R. THEPOT, directeur de l'EPL et N. CAMPHUIS, directeur de l'Equipe Pluridisciplinaire.

Les projets de Serre-de-la-Farre et Chambonchard ont été abandonnés, respectivement en 1991 et 1999. Le Veurdre, qui devait faire l'objet d'une décision en 1998, a été reporté en 2006.

A l'origine, lors de la mise en place du Plan Loire, la question centrale était donc celle relative à la construction ou l'abandon du projet du barrage du Veurdre.

L'Equipe Pluridisciplinaire et les partenaires du Plan Loire se sont donc interrogés sur les éléments d'aide à la décision qu'il était nécessaire de produire pour répondre à cette question. La thèse de J. Ph. Torterotot indiquait qu'il était impossible de conclure sur l'opportunité économique du Veurdre. De plus, il est vite apparu que des critères non économiques, inévaluables monétairement (problèmes du dysfonctionnement des réseaux, perception du risques par les populations) interviendraient dans le choix.

La question centrale n'était plus celle du Veurdre mais « que fait-on en cas d'inondation ? ». Les résultats fournis en 1998 au terme de l'étude confirment qu'il s'agit bien de la bonne question. Compte tenu de l'ampleur des dommages potentiels, la réponse ne peut résider dans le Veurdre (ou uniquement dans le Veurdre). Il y a un ensemble de réponse : gestion de crise aménagement du territoire, renforcement des digues...

La différence d'impact entre 1 mètre et 2,5 mètres ne relève pas d'une problématique économique, pas plus que la différence entre une durée de submersion d'un jour ou de cinq ne relevé d'une problématique économique. Autrement dit, la différence de coût de dommages entre ces différents scénarios ne sera pas significative et surtout ne traduira pas significativement toutes les différences d'impacts, comme les difficultés de gestion de la crise.

La conviction était donc que limiter l'étude à une analyse coût-avantage aboutirait à une impasse ou à des décisions mal fondées.

Le choix de recenser et de caractériser de manière fine l'habitat et les entreprises, de correctement les différencier (contrairement à une approche par zone homogène) ne répond pas seulement au souci d'évaluer finement les dommages potentiels mais :

- de mieux caractériser la vulnérabilité ;
- et surtout de caractériser les différents scénarios d'aménagement en terme de nombre - et de type - d'habitations et d'entreprises soustraits à l'inondation.

Le souci était donc de disposer d'un outil d'éclairage des différents scénarios. Soustraire des zones d'activités de Giens ou d'Orléans n'a pas le même impact, car les entreprises sont très différentes. IL fallait pouvoir caractériser les différents secteurs susceptibles d'être soustrait à l'inondation.

Dans l'hypothèse où l'outil économique n'apporte pas de résultats significatifs, on dispose néanmoins d'une information suffisamment riche pour éclairer les choix : on peut décrire les entreprises exposées, savoir s'il s'agit de gros sites industriels ou d'un tissu de PME-PMI, savoir combien d'emplois sont concernés et si tel ou tel scénario agit significativement sur ces entreprises ou non.

L'étude a mis en évidence que la comparaison des différents scénarios (Veurdre, ouverture de déversoirs...), sur la base de la réduction des dommages attendus, n'aboutissait pas à des conclusions probantes, aucune différence significative n'étant mis en évidence. Des différences de 40 MF entre deux scénarios, alors que l'Equipe estimait l'erreur à 100, ne permettait pas de conclure.

Les études économiques ont permis :

- D'argumenter l'orientation d'une politique évitant le « tout barrage » (même la construction du Veurdre ne permettrait pas d'éviter des dégâts majeurs en cas de crue exceptionnelle).
- D'orienter la politique vers la réduction de la vulnérabilité.

La connaissance disponible sur les enjeux permet de mieux cibler les actions de réduction du risque. L'étude a par exemple mis en évidence que les activités économiques (et plus particulièrement les PME) représentaient l'un des principaux postes des impacts économiques. Aujourd'hui, les PME constituent une cible prioritaire des initiatives et des incitations en matière de réduction du risque.

L'outil fournit des résultats jugés acceptables, satisfaisants, à l'échelle de l'aire d'étude (soit les 450 Km du cours moyen de la Loire) ; à cette échelle, l'Equipe estime que les différentes erreurs s'équilibrent. L'Equipe se refuse à fournir des résultats à une échelle ponctuelle, comme une agglomération, jugeant qu'à cette échelle (l'infra départemental) les résultats ne sont plus valables. Si la demande politique se fait pressante pour disposer d'une évaluation du coût des dommages potentiels à telle échelle, l'Equipe communique, selon son expression, « en unité de compte » : par exemple, « dans tel val, le coût des dommages potentiels est de l'ordre du milliard, et la réduction attendu de tel aménagement de l'ordre de X ».

En 1999, l'ensemble des acteurs se sont rangés au constat que ce n'était pas les dommages (l'indicateur dommage) qui permettraient de comparer - et donc de choisir entre - différents scénarios de réduction du risque. Au sein de l'Equipe, la nécessité de disposer d'un outil permettant d'atteindre cet objectif (d'aide à la décision) s'est imposée. Des deux outils envisagés par l'Equipe, le Comité Technique a retenu l'analyse multicritères (et a écarté l'audit patrimonial). Un travail méthodologique a été engagé et a abouti à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision reposant sur l'analyse multicritères (17 critères ont été retenus), validé par le Comité Technique. Le Comité de Pilotage du Plan Loire n'a pas suivi cette voie

Aujourd'hui, l'Equipe et les partenaires du Plan Loire communiquent essentiellement sur les enjeux et pratiquement plus sur le montant des dommages.

Les décisions que prennent les collectivités locales en matière de réduction du risque inondation ne reposent pas sur des critères économiques (de type calcul de rentabilité économique des mesures). Pourtant, personne n'est en mesure d'évaluer ce qui est le plus efficace entre un plan de secours ou des protections localisées. La commune de Sully a choisi les protections localisées complétées par un système de motopompes et la ville de Sully c'est elle engagée dans un plan de secours. La ville de Saumur quant à elle investi dans la réduction de vulnérabilité des entreprises et n'a pas engagé la mise en place d'un plan de gestion de crise.

On ignore à ce jour sur quelles bases ces choix ont été faits. Ce qui est sûr, c'est que le travail de sensibilisation réalisé dans le cadre du Plan Loire a réussi son objectif : faire prendre à des élus la mesure du risque, les persuader que des actions peuvent être engagées pour réduire efficacement ce risque et mobiliser des financements pour ces actions. Actuellement, suffisamment de crédits sont disponibles pour financer les actions souhaitées des élus décider à agir.

### *7.3 Etablissement Public d'Aménagement de la Meuse et de ses affluents<sup>10</sup>*

L'EPAMA est un établissement récent. Il a été créé en 1996, au lendemain des graves inondations de 1995 (montant des dommages estimés compris entre 230 et 305 millions d'euros). Sa vocation a été prioritairement de réaliser un diagnostic du risque inondation pour élaborer une stratégie de réduction de ce risque.

C'est l'Etat (DIREN) qui a posé le cadre méthodologique du diagnostic, en s'inspirant de la démarche mise en œuvre sur la Loire moyenne : réaliser une modélisation hydraulique et une évaluation du risque économique (connaissance des enjeux exposés et de leur vulnérabilité, estimation du coût des dommages pour différentes crues).

Seuls représentants de l'Etat et les dirigeants de l'EPAMA étaient convaincus de la nécessité d'une telle approche économique. Les acteurs locaux attendaient plutôt une étude des aménagements susceptibles de limiter le risque, sans souci de disposer de critères économiques pour choisir entre différentes options. Or l'Etat et la direction de l'EPAMA ont souhaité disposer d'éléments objectifs de choix des aménagements.

L'approche retenue est celle de l'analyse coûts-avantages. S'agissant de la recherche d'une stratégie globale de réduction du risque, à l'échelle du bassin versant, cette approche était jugée initialement adéquate et, a posteriori, est jugée satisfaisante. L'étude globale (modélisation hydraulique, approche économique, étude des aménagements, système de prévision) a été confiée au BCEOM. Son montant est 686.000 euros, dont 152.000 pour la topographie et 76.000 euros pour le volet économique.

L'étude des enjeux et l'évaluation monétaire des dommages ont été présentées dans les chapitres précédents.

Le modèle ainsi mis au point permet de calculer un coût moyen annuel, pour la situation actuelle et pour différents scénarios d'aménagement envisageables. Ici, contrairement à la Loire, les crues débordantes sont très fréquentes et dès la crue décennale, les dommages sont importants. Le coût moyen annuel a donc, aux yeux de l'EPAMA, une signification forte.

Cette approche et les résultats qu'elle fournit ont été jugés satisfaisants par l'EPAMA, conscient néanmoins que les limites de l'exercice tiennent à la qualité des données historiques (observation des dommages pour les crues de 1991, 1993 et 1995). L'incertitude affectant les résultats n'a pas pu être calculée.

La stratégie finalement retenue nécessite un investissement qui est amorti en 5 ans (sur la base d'une évaluation utilisant ce coût moyen annuel).

L'EPAMA est aujourd'hui très préoccupé par le risque d'obsolescence du système d'information mis en place dans le cadre de l'étude et s'interroge sur ses modalités d'actualisation. La mise à disposition de données par le monde de l'assurance sur les enjeux (le portefeuille des assureurs) est probablement une bonne réponse, selon l'EPAMA,

<sup>10</sup> Entretien avec G. ROUAS, directeur de l'EPAMA.

à ce problème d'actualisation. Il reste néanmoins à trouver une fonction de transfert entre la cartographie de l'occupation des sols actuelles et la donnée « portefeuille ».

Une autre piste est à l'étude : celle de l'imagerie satellitale, testée dans le cadre du programme PACTES (Université de Strasbourg et CNES). Cette source d'information est regardée non seulement comme susceptible de fournir une actualisation de la couche occupation du sol, à pas de temps satisfaisant (au regard de l'évolution économique) et pour des coûts supportables (inférieurs à une investigation équivalente à celle réalisée par le BCEOM), mais aussi comme pouvant fournir de l'information post-crise (au lendemain d'une inondation), pour aider à l'estimation des dégâts

Pour l'EPAMA, le problème de la mise à jour est essentiel. La démarche de réduction du risque est une démarche qui s'inscrit dans la durée. Pour mobiliser les acteurs concernés dans la durée, il convient d'avoir des arguments convaincants. Les arguments économiques doivent reposer sur des données fiables ; les données relatives aux enjeux sont susceptibles d'évolution notable au fil des ans (notamment celles relatives aux entreprises). Pour que les arguments économiques ne puissent être remis en cause, il convient donc de remettre régulièrement à jour leur fondement.

Initialement, l'approche économique a consisté à évaluer l'opportunité économique de tel ou tel scénario d'aménagement au regard de la réduction attendue des dommages (avantages) et du coût d'investissement des scénarios (coûts). Nous avons déjà signalé combien cette démarche était peu partagée par les acteurs locaux, peu sensibles à la nécessité d'éclairer les choix d'aménagements par une appréciation de leur opportunité économique.

Il n'était donc pas question à ce stade d'introduire une approche économique des mesures alternatives aux aménagements de protection (ni mêmes d'en réaliser l'étude technique) ; la raison était double : une question de positionnement de l'EPAMA (ce n'était pas sa mission) et une question de mentalité locale (au lendemain de deux crues majeures - 1993 et 1995 – les attentes portaient sur la faisabilité d'aménagement de protection).

Aujourd'hui, les mentalités locales évoluent et, alors que se poursuivent les études de faisabilité plus fine de la stratégie globale, l'idée de réponses alternatives émerge, plus ou moins spontanément de la part d'acteurs locaux. Par exemple, l'idée d'étudier le coût de la délocalisation de certains biens pour le comparer au coût de leur protection fait son chemin.

#### *7.4 Syndicat mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant<sup>11</sup>*

Entre les années 1994 et 1996, plusieurs études techniques ont défini et évalué sommairement les aménagements hydrauliques de protection contre les inondations de la basse vallée de l'Orne, de Louvigny à la mer, en passant par l'agglomération de Caen.

En 1997, le syndicat a fait réaliser une « étude économique des crues de l'Orne », confiée au groupement BCEOM-SAGERI. Un modèle a été élaboré à partir d'un modèle numérique de terrain, des données hydrauliques issues d'une étude hydraulique antérieure, d'une cartographie de l'occupation des sols et des fonctions d'endommagement.

Ces fonctions d'endommagement ont été construites de manière spécifique pour cette étude, à partir d'enquête de terrain (crue de 1995) et d'exploitation de données en provenance d'experts locaux intervenus pour le compte des compagnies d'assurance.

A la demande du Syndicat, un seul des scénarios d'aménagement étudiés par les études antérieures a été testé. Pour chacune des dix communes de l'aire d'étude, le modèle a calculé les coûts des dommages potentiels sans aménagement et avec aménagement pour trois crues différentes (décennale, trentennale et centennale). Par approche du coût moyen annuel, il ressortait que ce coût était dans l'état actuel de 8,4 millions (valeur 1997) et dans l'état futur de 1,56 MF, soit un gain annuel de 6,84 MF.

Le scénario d'aménagement testé avait été estimé de manière très approximative à 150 MF, mais le BCEOM ne disposait d'aucune information sur un échéancier d'investissements, des dépenses d'entretien et des frais de fonctionnement. L'étude indiquait donc qu'un raisonnement très schématique permettait de dire que « les seules charges d'investissements, hors intérêts d'emprunts, seraient donc payées par les économiques réalisées sur les dommages inondations pendant une durée de 22 ans » (150/6,84). La conclusion était donc que « l'investissement envisagé apparaît donc être d'autant plus rentable que tous les dommages inondations (dommages indirects, dommages aux sites singuliers, dommages intangibles) n'ont pas pu être chiffrés économiquement ».

<sup>11</sup> Entretien avec Mme FALENTIN.

Ces résultats ont suffi à convaincre les élus du bien fondé d'un aménagement de protection. En réalité, l'enjeu n'est pas seulement de protéger les biens actuellement exposés aux inondations. Il est également de rendre le secteur dit de « la presqu'île » non inondable afin d'engager la réhabilitation de cet ancien site industrialo-portuaire très proche du centre ville, constituant une énorme réserve foncière.

Des études hydrauliques approfondies ont donc été engagées, afin de définir bien plus précisément les aménagements à réaliser. Le projet retenu permet, pour une crue centennale, de mettre hors d'eau la presqu'île et de réduire de 66 cm les hauteurs d'eau à hauteur de l'Hippodrome, site très proche du centre ville (gain de 81 cm pour une crue trentennale, comme celle de 1995). Les travaux sont aujourd'hui engagés (fin prévue pour 2003), sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat, pour un montant de 19 millions d'euros (125 MF), financé à 30% par l'Agence de l'Eau, 20% par l'Etat, 10% par le Conseil Régional et initialement 40% par le Syndicat. Mais celui-ci vient de bénéficier d'un financement FEDER, ce qui ramène sa part d'autofinancement à 20% du montant total. D'autres dépenses sont également budgétisées (maîtrise d'œuvre, déviation de certains réseaux, etc.), pour un montant de 4,6 M€. Il est également prévu des acquisitions foncières pour un montant de 3,8 M€.

Dans le cadre de ce projet en phase terminale, l'approche économique, plutôt sommaire, a surtout servi à convaincre les acteurs locaux du bien fondé d'un aménagement de protection dont la définition technique précise est intervenue postérieurement à l'étude économique. Celle-ci leur a également fourni un argumentaire pour défendre leur projet.

## CHAPITRE III : LA SITUATION EN ANGLETERRE

**Résumé :** La prévention des inondations en Angleterre se divise en politique de protection (flood defence) et politique de maîtrise de l'urbanisation (floodplain management). Les démarches d'évaluation de l'impact potentiel des inondations s'inscrivent dans la politique de protection. Elles traduisent la volonté des pouvoirs publics de justifier l'opportunité économique des aménagements de protection. Dès les années 70, les évaluations économiques des projets ont été rendues obligatoires. Plus tôt, dans les années 60, les pouvoirs publics ont initié eux mêmes la recherche visant à mettre au point des méthodes coûts-avantages.

Si à l'origine les approches étaient très simplifiées, voire sommaires (simple calcul du pourcentage de la valeur totale des biens), l'obligation progressive de réaliser une étude coûts -avantages préalablement à chaque ouvrage de protection a nécessité la mise au point approfondie de telles méthodes. Les pouvoirs publics ont ainsi confié à l'université du Middlesex, plus précisément au Flood Hazard Research Center (FHRC), le soin d'engager d'importantes études, à base de retour d'expérience. Celles-ci ont débouché sur la publication de guides méthodologiques : le Blue Manual en 1977 (pour l'évaluation des dommages directs), le Red Manual dix ans plus tard (pour l'évaluation des dommages indirects).

Cette recherche opérationnelle atteint son apogée avec la publication en 1993 du Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance, Economic Appraisal (PAG3), véritable guide méthodologique pour la conduite des analyses coûts-avantages et la modélisation de l'aide à la décision. Si aujourd'hui une étude coûts-avantages est obligatoire pour démontrer la rentabilité économique d'un ouvrage et bénéficier de subventions des pouvoirs publics, la recherche, de plus en plus suivie par les pouvoirs publics, oriente l'expertise vers des approches multicritères. Cette évolution se traduit par l'intégration de données sociales et environnementales dans les analyses coûts-avantages.

Le Blue Manual et le Red Manual ont été réactualisés en 1990 : le rapport FLAIR (Flood Loss Assessment Information Report) remet à jour les courbes de dommages qui donnent le coût estimé des dégâts en fonction de la hauteur d'eau lors d'une inondation<sup>12</sup>. Le FLAIR Manual est remis à jour tous les ans et amélioré tous les dix ans. Sa dernière version s'intitule Multi-coloured Manual. Ces résultats sont donc le fruit d'un travail de longue haleine, ayant mobilisé de très importants moyens humains et financiers.

L'élaboration des courbes a été poussée très loin sur trois thématiques : l'habitat, les activités industrielles et commerciales, l'agriculture. Des recherches se sont intéressées aux effets des inondations sur la santé, aux pertes de biens irremplaçables, aux dommages aux biens publics, aux coûts des secours, etc. Ces recherches n'ont pas abouti à des résultats aussi opérationnels que pour les trois thèmes précédemment cités.

Ces méthodes sont largement utilisées par les agents de l'Agence de l'Environnement qui s'occupent de la construction des ouvrages de protection et par les bureaux d'études qui interviennent pour le compte des autorités locales. Peu d'initiatives ont tenté d'adapter les courbes fournies par les guides au contexte local. Il ressort de l'enquête qu'une grande expérience d'utilisation de ces guides s'avère nécessaire pour éviter des démarches lourdes et fastidieuses. Les données paraissent à beaucoup d'experts comme anciennes et qu'elles auraient besoin d'être remises à jour, certaines ne reflétant pas suffisamment les évolutions des conditions de vie et qu'elles ne sont pas représentatives de l'ensemble du territoire britannique en raison des fortes disparités régionales. Les compagnies d'assurance jugent même que les données relatives aux dommages directs sont obsolètes. Ces critiques constituent à nos yeux la principale difficulté pour transposer les données anglaises au contexte français. D'ailleurs, les experts du FHRC avaient estimé inopportune une telle démarche lorsqu'ils avaient été sollicités par les Grands Lacs de Seine pour intervenir sur les études économiques des années 90 en région parisienne.

### 1 – La dimension politique de l'expertise socio-économique des territoires inondables

L'objectif de cette partie est de faire un bref retour sur l'organisation de la politique de gestion des risques en Angleterre et d'apporter des éléments de réflexion sur la philosophie sous-jacente à l'introduction d'analyses des impacts des inondations dans ce contexte politique. Nous n'aborderons pas les méthodes d'expertise qui seront l'objet de détails dans la seconde partie.

<sup>12</sup> Ces guides, destinés aux bureaux d'études, ne sont pas disponibles en ligne. Ils sont consultables à la bibliothèque du Cereve.



## 1.1 Bref retour sur la politique de gestion des risques d'inondation

L'Angleterre compte 2 200 km<sup>2</sup> de côtes soumises à des inondations côtières et 10 000 km<sup>2</sup> de terres inondables par débordement de cours d'eau ; 10 % de sa population — soit environ 5 millions de personnes — vit dans des zones soumises au risque d'inondation. En Angleterre et au Pays de Galles, près de 2 millions de maisons et environ 185 000 propriétés à valeur commerciale sont situées dans des zones inondables ; des biens pour une valeur de plus de £200 milliards et des terres pour une valeur approximative de £7 milliards sont soumis au risque.

Du point de vue institutionnel et législatif, la prévention des inondations en Angleterre est divisée en :

- une politique de protection : ouvrages de protection, aménagement des milieux naturels (flood defence) ;
- une politique de maîtrise de l'urbanisation et de l'occupation des sols des zones inondables (floodplain management).

### 1.1.1 La politique de protection

Le cadre législatif de la protection contre les inondations est constitué de la Loi sur les ressources en eau de 1991 et de la Loi sur l'environnement de 1995, de la Loi sur le drainage des terres de 1991 et de la Loi sur la protection des côtes de 1949 (Figure 1).

Le ministère de l'Environnement, de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (Department for Environment, Food and Rural Affairs - DEFRA) est l'autorité gouvernementale responsable de la conduite de la politique de protection contre les inondations fluviales et côtières en Angleterre. Il administre la législation qui autorise la construction d'ouvrages de protection. Le DEFRA contribue au financement des travaux de protection les plus importants correspondant aux critères établis par le ministère et entrepris par les autorités exécutrices.

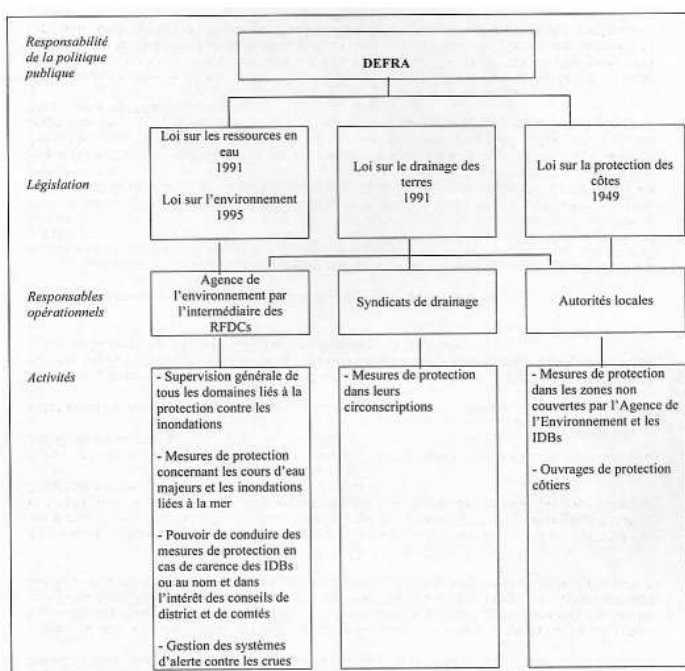
Ces autorités opératrices ou exécutrices, responsables et chargées de la maintenance des ouvrages qu'elles ont réalisées et dont elles sont propriétaires, sont :

#### L'Agence de l'environnement (Environment Agency)

L'Agence de l'environnement est un établissement public qui supervise tout le domaine de la protection contre les inondations en Angleterre, et qui conduit aussi le plus vaste programme de travaux, de maintenance et de financement d'ouvrages de protection réalisé sur les côtes et le long des cours d'eau majeurs (main rivers).

L'Agence exerce la plupart de ces pouvoirs liés à la protection contre les inondations par l'intermédiaire de commissions exécutives publiques régionales : les Commissions régionales de protection contre les inondations (Regional Flood Defence Committees). Ces commissions déterminent les travaux à réaliser ; les autorités locales — qui sont majoritairement représentées dans ces commissions — financent la majorité des travaux grâce à des subventions gouvernementales.

L'Agence a un budget de £650 millions, dont 35 % proviennent de taxes locales, 37 % des autorités locales et 28 % des dotations du gouvernement central.



**Figure 1. Flood and Coastal Defence : organisation**

Source : GRESSENT P. in MATE. 2001.

### Les syndicats de drainage intérieur (Internal Drainage Boards – IDBs)

Les IDBs sont des organismes publics créés pour gérer le drainage des terres dans les régions particulièrement basses et submersibles. Il y a 247 IDBs en Angleterre — concentrés dans l'est et le sud-ouest — et au Pays de Galles. Chaque IDB intervient à l'intérieur d'une circonscription définie (internal drainage district) dans laquelle elle a le pouvoir d'entreprendre des travaux de protection contre les inondations, excepté sur les cours d'eau majeurs. Les IDBs gèrent 1,2 million d'hectares et sont financés par des taxes prélevées sur les bénéficiaires des travaux : les exploitants agricoles principalement et les collectivités urbaines de leur zone. Les IDBs sont composés de membres élus représentant les agriculteurs et de membres désignés par les collectivités locales.

### Les autorités locales<sup>13</sup>

Les autorités locales ont le pouvoir discrétionnaire d'entreprendre la réalisation de travaux de protection contre les inondations sur les rivières qui ne sont pas désignées « cours d'eau majeurs » et qui sont en dehors des zones de gestion des IDBs, et le long de leurs côtes.

En plus des constructions réalisées par les autorités opératrices, de nombreux ouvrages de protection appartiennent à des propriétaires privés chargés de leur maintenance. Des entreprises, des établissements industriels et commerciaux comme les compagnies ferroviaires et les compagnies d'électricité, possèdent et entretiennent des structures de protection significatives. Les ouvrages sont sous la responsabilité du propriétaire riverain, à moins qu'elles ne soient appropriées par les autorités opératrices.

Les autorités locales sont financées en partie par les impôts locaux, mais surtout par des dotations du gouvernement central (en moyenne 25 à 75 % du budget total).

#### *1.1.2 La politique de maîtrise de l'occupation des sols.*

L'autorité gouvernementale responsable de la prévention par la maîtrise du développement dans les zones inondables est l'Office of the Deputy Prime Minister (ODPM). Il est chargé de superviser les politiques concernant l'administration locale et régionale, le logement, la planification et la dynamique sociale et urbaine. Le système de planification anglais repose sur l'élaboration de plans d'aménagement (Development Plans) réalisés par les autorités locales. Ces documents de planification traitent de sujets divers relatifs à l'aménagement du territoire. Ils doivent être en accord avec les politiques gouvernementales et exposer l'adaptation des approches globales au contexte local à savoir les politiques locales de développement, les orientations à court et moyen terme de l'allocation des territoires, ...

Conformément à la politique publique conduite par l'ODPM, la problématique du risque et les objectifs de gestion des zones inondables doivent être scrupuleusement pris en compte dans les documents de planification. La problématique risque est intégrée directement dans les questions plus générales de l'aménagement par l'intermédiaire des documents de planification mais ne fait pas l'objet d'une politique indépendante avec des outils spécifiques comme en France avec les Plans de Prévention des Risques.

Les sites projetés pour tout développement doivent être techniquement, économiquement et environnementalement appropriés. La stratégie de maîtrise de l'urbanisation des zones inondables n'est pas formulée en termes de prescriptions basées sur un zonage, mais en termes d'évaluation qualitative au cas par cas de l'adéquation développement-risque au regard des objectifs de prévention : réduire la vulnérabilité au risque de d'inondation et limiter l'impact des activités anthropiques sur ce risque.

#### *1.1.3 Le développement d'évaluations des impacts des inondations dans la politique de gestion des risques*

Historiquement, les premières réflexions sur la façon d'évaluer les impacts des inondations sur les territoires ont été initiées dans le cadre de la politique de protection et non dans un contexte de maîtrise de l'occupation des sols. Encore à l'heure actuelle, alors que l'évaluation des impacts des inondations est omniprésente dans les projets de protection, elle est absente des décisions de contrôle de l'occupation des sols. Plusieurs facteurs inhérents aux orientations politiques données à la gestion des risques peuvent expliquer cet état de fait :

Premièrement, la politique de gestion des risques s'est anciennement orientée vers des démarches de protection par la construction d'ouvrages de génie civil, au détriment d'une politique de maîtrise de l'occupation des sols. Ce n'est qu'à la fin des années 90-début 2000 que l'on voit apparaître dans la littérature une remise en question de l'efficacité des mesures structurelles et que politiquement des mesures concrètes sont mises en place pour donner de l'élan à la politique de maîtrise de l'occupation des sols. L'introduction d'expertises économiques dans la

<sup>13</sup> Comtés, districts, arrondissements, municipalités... : la structure des collectivités locales anglaise est hétérogène et constituée de multiples niveaux se recoupant, se chevauchant, sans hiérarchie marquée.

politique de gestion des risques est directement liée à la politique de protection puisqu'elle traduit la volonté des pouvoirs publics de justifier économiquement la mise en place des mesures de protection. Ainsi, dès les années 60 des recherches s'engagent dans le développement de méthodes coûts-avantages qui repose sur une estimation économique des dommages dus aux inondations.

Deuxièmement, la volonté des pouvoirs publics d'évaluer les impacts des inondations pour chaque projet de protection est très marquée. Depuis les années 70, les évaluations sont obligatoires pour obtenir des subventions du gouvernement central pour la construction d'un ouvrage de protection. De plus se sont les pouvoirs publics eux-mêmes qui initient les recherches pour mettre au point une méthode coût-avantage opérationnelle. Ainsi, la réalisation d'expertises économiques devient très tôt institutionnalisée et obligatoire dans la politique de protection.

Troisièmement, dans le contexte politique de maîtrise de l'occupation des sols les choses sont différentes. D'une part, les pouvoirs publics n'imposent pas aux autorités locales la réalisation d'expertises dans leurs plans d'aménagement et d'autre part, la volonté politique locale à faire ce genre d'analyse dans les plans d'aménagement est inexistante. Les autorités locales estiment que ces expertises ne feraient qu'alourdir la procédure d'adoption des plans d'aménagement (qui est déjà considérée très longue), et elles ne voient pas en quoi ce genre d'analyse aiderait la prise de décisions, décisions qui sont selon eux des décisions politiques fondées sur le bon sens.

Ainsi, l'analyse des impacts des inondations est apparu dans le cadre de la politique de protection sur demande des pouvoirs publics dans le but de justifier économiquement la mise en place de mesures structurelles.

## *1.2 Les orientations politiques de l'évaluation des impacts des inondations*

### *1.2.1 La genèse des analyses coût-avantage et de la quantification des dommages dus aux inondations*

Les évaluations économiques ont été introduites dans la politique de gestion des risques dans les années 60. Les pouvoirs publics anglais sont à l'initiative du développement des évaluations économiques dans la politique de gestion des risques.

Dès 1963, le ministère de l'agriculture (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food) demande aux autorités locales d'établir une analyse coût-avantage dans le cadre des demandes de subventions pour financer des travaux de protection contre les inondations côtières et fluviales.

Les pouvoirs publics souhaitent ainsi s'assurer du bien fondé de la participation financière de l'administration à certains projets de protection. L'objectif était de justifier de l'opportunité économique des projets de protection pour fonder les décisions et asseoir l'engagement du gouvernement dans de telles actions.

Cette analyse de l'opportunité économique, appelée le « *wothwhileness test* » reposait sur un simple calcul du pourcentage de la valeur totale des biens. Dans la région de la Tamise un ouvrage de protection permettant de réduire de 10 % la valeur des dommages estimés était considéré comme viable. Au delà de ce principe, aucune indication précise sur la méthodologie à adopter n'a été apportée (HUBERT G., LEDOUX B., 2001).

Les approches développées à cette époque sont relativement sommaires néanmoins elles marquent l'introduction de l'analyse économique dans la politique de gestion du risque d'inondation.

Au cours des années 70 et 80, les pouvoirs publics vont progressivement imposer la réalisation d'une étude coût-avantage préalablement à chaque ouvrage de protection contre les inondations. La réalisation de cette étude devient la condition sine qua non de l'attribution de subventions par le ministère. De plus en plus systématiques, les études économiques deviennent ainsi une composante essentielle de la réalisation effective ou non des projets structuraux. Au fur et à mesure que les exigences des pouvoirs publics évoluent, les évaluations s'affinent. Les pouvoirs publics engagent des recherches approfondies dans l'évaluation des dommages. L'essentiel des travaux réalisés sont l'œuvre du laboratoire de recherche de l'université du Middlesex, le Flood Hazard Research Centre (FHRC). Les connaissances acquises dans le domaine de l'évaluation des dommages permettent la publication de guides officiels qui constituent les références méthodologiques pour réaliser des analyses coût-avantage dans le cadre de la politique de protection. Le Blue Manual est publié en 1977. Dix ans après, le Red Manual est édité (Figure 2).

Les recherches menées par le FHRC se sont véritablement institutionnalisées à partir de 1993, date à laquelle les pouvoirs publics publient le Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance, Economic Appraisal (PAG 3). Le PAG 3 est un guide méthodologique créé dans le but de fournir aux ingénieurs et aux décideurs un outil d'aide à la décision dans le choix des projets de protection contre les inondations.

Selon les pouvoirs publics, l'objectif majeur dévolu à l'analyse économique est une utilisation rationnelle de l'argent

public. Le gouvernement part du constat que « les demandes de fond public dépassent toujours les fonds disponibles », aussi l'étude économique permet selon l'administration centrale de maximiser les bénéfices d'un projet (DEFRA, 1999). Dans ce contexte, le PAG fournit des règles de décisions précises aux décideurs. Ces règles de décision reposent sur l'identification du niveau de protection qui est économiquement rentable, c'est-à-dire les projets dont le ratio est positif (PENNING-ROUSELL E.C, GREEN C. 2000). La prise de décision repose sur un critère unique à savoir la rentabilité économique de l'ouvrage.

RECHERCHES	RÉSULTATS	PUBLICATIONS
Evaluer les <b>dommages directs</b> des inondations	Valeurs de dommages <b>Courbes d'endommagement</b>	« <b>Blue manual</b> », 1977 Guide technique pour évaluer les dommages
Evaluer les <b>dommages indirects</b> des inondations	Valeurs de dommages <b>Courbes d'endommagement</b>	« <b>Red Manual</b> », 1987 Guide technique pour évaluer les dommages
Réaliser une <b>analyse coût-avantage</b> : choisir le meilleur projet de protection d'un point de vue économique	<b>Méthode</b> de réalisation d'une ACA <b>Modèle d'aide à la décision</b>	« <b>PAG 3</b> », 1993 Guide méthodologique
<b>Passage d'une approche monétaire, économique de l'évaluation des impacts à une approche multi-critères (monétaire, environnementale, sociale)</b>		
Inclure des <b>critères environnementaux et sociaux</b> à l'analyse C/A : choisir le meilleur projet de protection d'un point de vue économique, environnemental et social	<b>Système de notation (Priority scoring)</b> des projets de protection selon le ratio C/A, le contexte environnemental, le contexte social	« <b>Scheme prioritisation System</b> », 2002 Guide technique pour l'attribution des notes

**Figure 2. Les différentes étapes de la mise en place de méthodes d'évaluation des impacts des inondations dans la politique de protection en Angleterre.**

#### Vers des approches multi-critères

Les méthodes basées sur des approches monétaires (fonctions d'endommagement) sont celles qui ont été les plus développées et les plus abouties dans la politique de gestion des risques en Angleterre. Les approches qualitatives et les analyses multi-critères n'ont pas fait l'objet d'études particulières pour évaluer les projets de protection. La raison majeure est que, depuis les années 1960, le gouvernement a clairement orienté ses attentes vers des approches de type coût-avantage.

Cependant, il semble que cette tendance évolue et que les pouvoirs publics, encouragés par les laboratoires de recherche, semblent de moins en moins croire en une approche purement économique pour fonder leurs décisions. Les modes de gestion des risques tendent à l'heure actuelle à une prise en compte beaucoup plus globale des enjeux territoriaux. Le processus de décision se veut moins linéaire dans le sens où les choix se font dans une optique plus complexe du problème en tentant de prendre en compte d'autres critères de décision que celui lié à la rentabilité économique. La complexité des expertises et la difficulté de prendre en compte les impacts intangibles des inondations remet en question l'utilité et le bien fondé des approches essentiellement monétaires et économiques des méthodes réalisées jusqu'à présent.

Au cours des années 1990-2000, l'expertise et le recours à l'expertise se transforment. Une deuxième génération d'expertise se profile. Les chercheurs et les pouvoirs publics s'orientent vers le développement d'approches multi-critères qui permettraient d'ouvrir le champ de l'expertise à d'autres perspectives qu'une évaluation économique. L'expertise n'est plus une série de chiffres, de techniques de l'ingénieur, elle tend vers une compréhension globale de la situation territoriale. L'expertise se transforme, elle devient moins quantitative pour être plus proche du contexte local.

Dans ce contexte, on assiste à une évolution de l'expertise qui ne se fonde plus seulement sur une approche très scientifique des problèmes mais plutôt sur une volonté d'avoir une compréhension globale du fonctionnement des zones inondables et d'associer au maximum les acteurs locaux au processus de décision. Cette évolution des modes d'action publique se traduit directement en Angleterre par l'intégration de données sociales et environnementales dans les analyses coût-avantage qui jusqu'à présent étaient totalement basées sur des critères économiques, monétaires (Figure 2).

## 2 – Etat des lieux des méthodes d'analyse des impacts socio-économiques des inondations

Après avoir étudié la philosophie politique sous-jacente à l'introduction d'expertise économique dans la gestion des risques, nous allons à présent voir dans le détail les méthodes développées pour évaluer les impacts des inondations, en suivant une ligne chronologique. Cette partie restera théorique, l'application réelle de ces méthodes faisant l'objet de notre dernière partie

### 2.1 L'évaluation des dommages directs et indirects dus aux inondations

Les recherches menées par le FHRC sur l'évaluation des dommages dus aux inondations ont abouti à la publication de deux manuels techniques

- Le premier, « *The benefits of flood alleviation* »<sup>14</sup> plus connu sous le nom de « Blue manual », fut publié en 1977. Il fournit des méthodes d'évaluation des dommages potentiels directs ainsi que des fonctions de dommages pour l'habitat, l'industrie, l'agriculture,...
- Le second, « *Urban flood protection benefits, a project appraisal guide* »<sup>15</sup>, communément appelé le « Red manual » a été publié en 1987. Il affine les informations sur les dommages potentiels directs et complète le Blue manual en apportant des informations sur les dommages indirects des inondations.

Ces guides ont fait l'objet d'une réactualisation. Le rapport FLAIR (Flood Loss Assessment Information Report) publié en 1990 remet à jour les courbes de dommages fournis par les deux guides précédents. Le FLAIR Manual est remis à jour tous les ans et améliorés tous les 10 ans. Sa dernière version s'intitule Multi-coloured Manual.

Selon les besoins du décideur les guides proposent des évaluations de dommages très générales ou plus approfondies :

- Dans un premier temps, le guide procure des données de coût moyen selon différentes hauteurs d'eau. Ces moyennes permettent de calculer rapidement et facilement un montant de dommages pour un paramètre donné sur un secteur délimité. Par exemple, les dommages à l'habitat peuvent être calculés sans problème lorsque le nombre de logement est comptabilisé sur la zone concernée et que l'on connaît le montant moyen du coût des dommages d'un logement.
- Dans un second temps, si l'attente du décideur est une analyse moins approximative du coût des dommages, des données plus précises ont été calculées par le FHRC sur la base d'une classification des paramètres considérés. Ainsi, les habitations seront différenciées selon une typologie relative au style de l'habitat (maisons individuelles ou non, appartements, quartier résidentiel,...). Pour affiner d'autant plus les données, des sous-catégories sont proposées pour certains paramètres. Pour les habitations, l'âge des occupants et leur classe sociale sont pris en compte<sup>16</sup>.

Pour différents types de crues et différents types d'enjeux, le FHRC a développé des courbes de dommages qui donnent le coût estimé des dommages en fonction de la hauteur d'eau lors d'une inondation.

Les réflexions sur l'élaboration de fonctions de dommages ont été poussées très loin sur trois thématiques : habitat, activités industrielles, commerciales et agriculture.

Sur un plan méthodologique, le FHRC a expérimenté une méthode pour réduire les incertitudes qui consiste à élaborer des fonctions de coût directement avec les propriétaires des biens et les responsables d'activités à partir d'entretiens directs et de questionnaires. Les résultats ainsi obtenus sont croisés avec l'approche classique de façon à affiner les fonctions de dommages.

Nous allons voir plus précisément pour un certain nombre de paramètres, quelles sont les méthodes développées par le FHRC et proposées dans les guides techniques. Une synthèse est proposée dans la figure 5.

#### 2.1.1 Les dommages à l'habitat (immobiliers et mobiliers).

Les chercheurs anglais ont établi une typologie fine de l'habitat considérant 21 catégories type en croisant trois critères : la nature du logement, la date de construction et la catégorie socioprofessionnelle des occupants.

<sup>14</sup> PENNING-ROUSELL E., CHATTERTON J., 1977

<sup>15</sup> PARKER D, GREEN C., THOMPSON P. 1987

<sup>16</sup> Le FHRC estime que l'âge des occupants et leur classe sociale sont des révélateurs du plus ou moins entretien des habitations et donc de leur plus ou grande robustesse vis-à-vis des inondations.

Ils ont ensuite élaboré des fonctions d'endommagement à partir de la hauteur d'eau et du montant des dommages. Ces courbes ont été réalisées pour chacune des catégories d'habitat identifiées. De plus, les courbes d'endommagement ont été réalisées en tenant compte de la durée de submersion. Les données sont disponibles pour une durée de submersion inférieure à 12 heures et une durée supérieure à 12 heures.

Les données ont été récoltées sur la base de retours d'expérience à la suite de sinistres réels.

Les limites de cette approche se révèlent lorsque la courbe de dommages est réalisée sur une maison en particulier, très souvent les dommages sont sur ou sous-évalués par rapport à la réalité. Néanmoins cette méthode offre de bons résultats lorsqu'il s'agit d'évaluer les dommages potentiels à petite échelle sur des centaines d'habitations.

### 2.1.2 Les dommages à l'industrie (stocks, matériel, construction).

Le plus grand nombre d'informations concernant les dommages aux activités industrielles sont disponibles dans le Red Manual.

La méthode développée consiste à utiliser un questionnaire afin d'interroger les directeurs d'entreprise pour évaluer la vulnérabilité de l'établissement, c'est-à-dire sa capacité à pouvoir résister à une inondation, et évaluer les dommages potentiels.

Les dommages évalués sont surtout représentatifs pour les petites et moyennes entreprises et non pour les grandes industries.

C'est une approche générale qui est adoptée plus qu'une analyse détaillée. Dans la plupart des cas, les dommages sont exprimés en coût par m<sup>2</sup> (Figure 3).

### 2.1.3 Les dommages potentiels aux activités commerciales.

Le Blue et le Red Manual fournissent des données sur les dommages potentiels aux activités commerciales. L'objectif de la méthode est d'obtenir pour les commerces les plus représentatifs (chaînes de supermarché par ex.) la valeur globale des dommages potentiels encourus.

Les données ont été récoltées par questionnaire et entretiens directs.

Ces informations ont été recueillies pour une centaine de commerces de catégories différentes allant des magasins alimentaires aux magasins de prêt-à-porter en passant par les magasins de matériaux.

Durant les 25 dernières années, les dommages potentiels aux activités commerciales n'ont cessé d'augmenter du fait de l'accroissement du niveau d'équipements technologiques et informatiques des entreprises. Aussi, la vulnérabilité des établissements actuels est très différentes de celle des établissements plus anciens d'où la nécessité de remettre à jour régulièrement les tables de valeur. Le FHRC prévient les utilisateurs de la tendance à une sous-estimation des dommages réels.

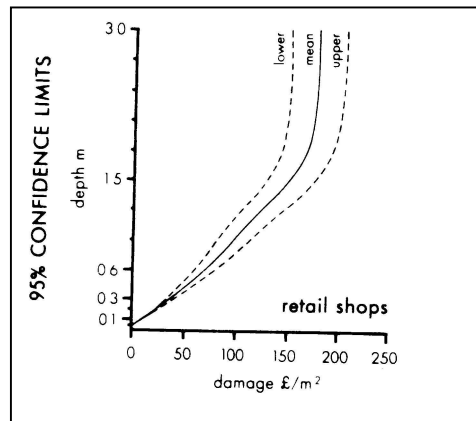
Le Red Manual s'est penché plus précisément sur les dommages indirects. Le rapport conclut que les dommages sont minimes pour les activités commerciales car celles-ci transfèrent très facilement leur clientèle vers des zones qui ne sont pas touchées par les inondations. Là encore, le FHRC attire l'attention sur le fait que les locaux commerciaux ont énormément évolué ces 25 dernières années. Aussi les données indiquées par le Red Manual ne reflètent pas les dommages potentiels actuels.

Flood loss potential	Flood depth relative to ground floor level			
	0.15 m £/m <sup>2</sup>	0.30 m £/m <sup>2</sup>	0.60 m £/m <sup>2</sup>	1.00 m £/m <sup>2</sup>
<b>Retail (Sector 51)</b>				
1. Direct	57.7	95.2	138.7	225.7
2. Firm's indirect	8.4	10.0	14.1	20.9
3. Regional indirect	zero	zero	zero	zero
4. National indirect	zero	zero	zero	zero
5. Total (1 + 4)	57.7	95.2	138.7	225.7
<b>Distribution (Sectors 52, 54, 55)</b>				
1. Direct	13.4	37.2	60.9	122.3
2. Firm's indirect	3.1	4.0	5.3	11.3
3. Regional indirect	2.2	2.2	2.3	2.1
4. National indirect	zero	zero	zero	zero
5. Total (1 + 4)	13.4	37.2	60.9	122.3
<b>Offices (Sector 6 and some of 53)</b>				
1. Direct	53.5	88.5	122.7	205.2
<b>Leisure (Some of Sectors 63 and 74)</b>				
1. Direct	52.5	82.6	122.5	31.7
2. Firm's indirect	8.7	8.7	10.4	*
3. Regional indirect	zero	zero	zero	zero
4. National indirect	zero	zero	zero	zero
5. Total (1 + 4)	52.5	82.6	122.5	31.7

† To one decimal place; January 1985 prices.  
\* Insufficient data available, but a minimum is 0.6 m loss figure.  
See also Appendix 5.2.

Figure 3: Exemple d'une table de valeurs indiquant les dommages potentiels à l'industrie, exprimés en coût par m<sup>2</sup>

Source : PENNING-ROUSELL E., CHATTERTON J. 1977.



**Figure 4 : Exemple d'une courbe d'endommagement (commerces de détail) Source : PENNING-ROWSELL E., CHATTERTON J. 1977.**

#### 2.1.4 Les dommages aux bureaux commerciaux

Le Blue et le Red Manuals apportent également des informations sur les dommages aux bureaux commerciaux, c'est-à-dire, les banques, les immeubles de société, les compagnies d'assurance,.. qui ont leurs établissements au cœur d'un centre ville.

Ces données ont été obtenues à partir d'entretiens avec les directeurs d'établissements. L'objectif était de déterminer des valeurs de dommages.

Cette information a ensuite été utilisée pour réaliser des courbes d'endommagement montrant les interrelations entre la hauteur d'eau et le coût des dommages.

De même que pour les autres commerces, les bureaux sont devenus de plus en plus vulnérables du fait de la généralisation des appareils informatiques qui sont chers et très vulnérables aux inondations, d'où la difficulté de refléter parfaitement la réalité et la nécessité de remettre à jour régulièrement les données.

#### 2.1.5 Les dommages à l'agriculture (les récoltes et les bâtiments).

Le Blue Manual contient des informations sur les dommages aux bâtiments agricoles. Ces données sont très certainement dépassées à l'heure actuelle du fait là encore de la modernisation de cette activité.

Le Blue manual évalue les bénéfices retirés de la protection des terres agricoles, il évalue les gains acquis de la protection des récoltes.

Mais c'est l'université de Cranfield et notamment le Silsoe College qui a le plus étudié cette question et qui a abouti à la production de nombreuses données et à un modèle qui évalue les dommages causés par la perte d'une récolte et les bénéfices retirés de la protection des terres agricoles par des mesures structurelles.

#### 2.1.6 Les dommages aux personnes

L'Université du Middlesex a entrepris une recherche sur les effets des inondations sur la santé et notamment l'augmentation des maladies dans les zones inondables. Green C. et Penning-RowSELL E. montrent que les impacts des inondations sur la santé sont corrélés à la durée de submersion durant laquelle l'habitation des personnes sinistrées est inondée et au temps qui est mis pour nettoyer et revenir à une situation post-inondation (GREEN C.H., PENNING-ROWSELL E.C., 1989). Les effets sur la santé sont également très dépendants de l'état de santé initial des personnes sinistrées. Les personnes déjà malades ou faibles avant l'inondation seront beaucoup plus sensibles que les autres sur le plan de la santé à l'événement de crue.

Une étude ex-post a également été réalisée sur les effets des inondations qui se sont produits pendant la période de Pâques 1998 dans le centre de l'Angleterre à Banbury et Kidlington (TAPSELL S.M., TUNSTALL S.M., PENNING-ROWSELL E.C., HANDMER J.W. 1999). La méthode utilisée repose sur un focus group et un questionnaire afin d'évaluer les effets sur la santé des personnes. Les résultats de cette étude qualitative recourent ceux vus précédemment.

Le FHRC a également développé la méthode dite du « Bootstrapping » pour évaluer les dommages à la santé et les pertes de biens irremplaçables sur le plan sentimental. Par enquête directe auprès de personnes sinistrées, on procède tout d'abord à une évaluation monétaire du coût des dommages tangibles qu'elles ont subi, puis on demande aux individus d'attribuer une note de sévérité aux impacts intangibles qu'ils ont subit. Le chercheur

estime alors qu'un impact intangible ayant la même note de sévérité qu'un impact tangible a la même valeur monétaire.

Typologie	Résultats	Mode de recueil des données
<b>Dommmages à l'habitat</b> (immobiliers et mobiliers)	Typologie de l'habitat en 21 catégories : valeur monétaire attribuée à chacune des catégories Fonction d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau	Observation sur des sinistrés, retour d'expérience
<b>Dommmages à l'industrie</b> (stocks, matériel, bâtiments)	Dommmages exprimés en coût par m <sup>2</sup>	Questionnaire, entretiens directs
<b>Dommmages aux activités commerciales</b> (magasins alimentaires, de prêt-à-porter, de matériaux,...)	Typologie des activités commerciales : valeur globale des dommmages par catégorie	Questionnaire, entretiens directs
<b>Dommmages à l'industrie tertiaire</b> (banques, immeubles de société, compagnies d'assurance,...)	<b>VALEUR DE DOMMMAGES PAR ACTIVITÉS</b>	Entretiens directs
<b>Dommmages à l'agriculture</b> (récoltes et bâtiments)	Bénéfices retirés de la protection des terres agricoles Valeur de dommmages de la perte d'une récolte	Observation sur des sinistrés, retour d'expérience
<b>Dommmages aux personnes</b> (santé physique et psychologique)	Note de sévérité des impacts psychologiques subits	Focus group, questionnaire, enquête directe

**Figure 5. Récapitulatif des dommmages évalués dans les Blue and Red Manuals**

### 2.1.7 Les autres impacts.

L'équipe du FHRC a élargit son champ d'étude à d'autres impacts notamment les dommmages aux biens publics, les coûts liés à l'organisation des secours, à la perturbation du trafic et les impacts des inondations sur les infrastructures publiques.

Ces dommmages n'ont pas été étudiés dans le détail et n'ont pas abouti comme pour les dommmages cités précédemment à des valeurs de dommmages ou des courbes d'endommagement exploitables.

Les méthodes et les données contenues dans le Red et le Blue Manual ont été énormément utilisées par les autorités locales et les ingénieurs sur l'ensemble du territoire britannique. Les recherches menées par le FHRC ont permis de rendre les évaluations des impacts des inondations systématiques dans la politique de gestion des risques d'inondation.

Le Blue et le Red manuals sont devenus en Angleterre les guides de référence pour réaliser des études coûts-bénéfices des projets de protection en zone urbaine inondable (PENNING-ROWSELL et al., 1988).

## 2.2. Le développement d'une méthode coût-avantage et d'un modèle d'aide à la décision

Les avancées en matière d'évaluation des dommmages potentiels dus aux inondations ont permis l'élaboration d'une méthode pour réaliser des études coûts-avantages et ont abouti, en 1993, à la publication par les pouvoirs publics d'un guide méthodologique institutionnel: le Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance, Economic Appraisal (PAG 3).

La méthode proposée par ce guide s'appuie sur les travaux menés par le FHRC depuis les années 70 pour évaluer les coûts et les bénéfices des projets de protection contre les inondations, et principalement sur les données et méthodes développées dans les Blue and Red Manuals.

Le PAG 3 est destiné aux ingénieurs et aux décideurs politiques nationaux et locaux pour les aider à réaliser des études coûts-avantages lors des demandes de subvention pour les travaux de protection.

Au-delà d'un simple guide méthodologique, le PAG 3 fournit une interprétation des demandes du gouvernement central vis-à-vis des analyses économiques. Les pouvoirs publics sont le maître d'œuvre et le PAG constitue le cahier des charges que doivent respecter les ingénieurs et les décideurs politiques locaux.



Il ne s'agit pas dans ce guide de dire comment évaluer les dommages (puisque les données sur les dommages sont contenues dans les Blue and Red Manuals) mais plutôt de donner un modèle de décision pour choisir l'option la plus économiquement rentable au regard de l'objectif de protection.

Le PAG 3 préconise une procédure en quatre étapes majeures pour estimer la rentabilité économique des projets de protection. Le déroulement de ces étapes est illustré dans la figure 6.

Les coûts correspondent ici aux dépenses occasionnées par la construction du projet, mais aussi toutes les dépenses engendrées par la maintenance.

Les bénéfices sont calculés sur la base des dommages potentiels évités grâce à la mise en place du projet de protection.

Afin d'évaluer ces bénéfices, le guide préconise l'évaluation des coûts économiques suivants :

- les dommages directs aux propriétés domestiques et autres propriétés urbaines telles que l'industrie,
- les dommages directs à l'agriculture,
- les dommages directs aux structures temporaires et semi-permanentes, telles que les caravanes,
- les dommages directs aux infrastructures,
- les pertes indirectes dues aux dommages industriels et commerciaux, aux impacts sur le marché, et ceux liés à l'interruption du trafic routier,
- les coûts liés à la gestion de crise.

L'évaluation de ces paramètres repose sur l'exploitation des données contenues dans les Blue and Red Manuals. Nous ne reviendrons pas sur les méthodes adoptées pour évaluer les dommages, celles-ci ayant été développées précédemment.

Le premier critère de décision est le ratio coût-bénéfice, néanmoins ce dernier doit correspondre à un niveau de protection adapté aux enjeux territoriaux. Ainsi la meilleure option sera le projet qui aura un ratio coût-bénéfice acceptable tout en permettant un niveau de protection adapté au type d'occupation du sol considéré.

Le PAG3 recommande des niveaux de protection jugés acceptable en regard du type d'occupation des sols que l'ouvrage va protéger (Figure 7). Selon le type d'occupation des sols, il est recommandé d'avoir un ouvrage de protection pour une période de retour donnée.

Pour choisir la meilleure option, c'est-à-dire le projet qui offre la protection la plus rentable économiquement compte tenu des enjeux territoriaux, un schéma décisionnel est proposé aux décideurs pour les aiguiller dans leur choix (Figure 8).

Ce schéma préconise une approche comparée de différents projets selon deux critères : le ratio coût-bénéfice et le niveau de protection souhaité pour un type particulier d'usage du sol.

Ainsi le choix de l'option se fait sur l'optimisation des bénéfices par rapport à un niveau de protection souhaité pour l'usage du sol considéré. La décision est prise par comparaison des différentes options. La figure ci-dessous illustre la façon dont, par « tâtonnements », les décideurs choisissent le projet qui est le plus rentable économiquement mais qui néanmoins reste dans les normes de protection, fournies par la figure 7.

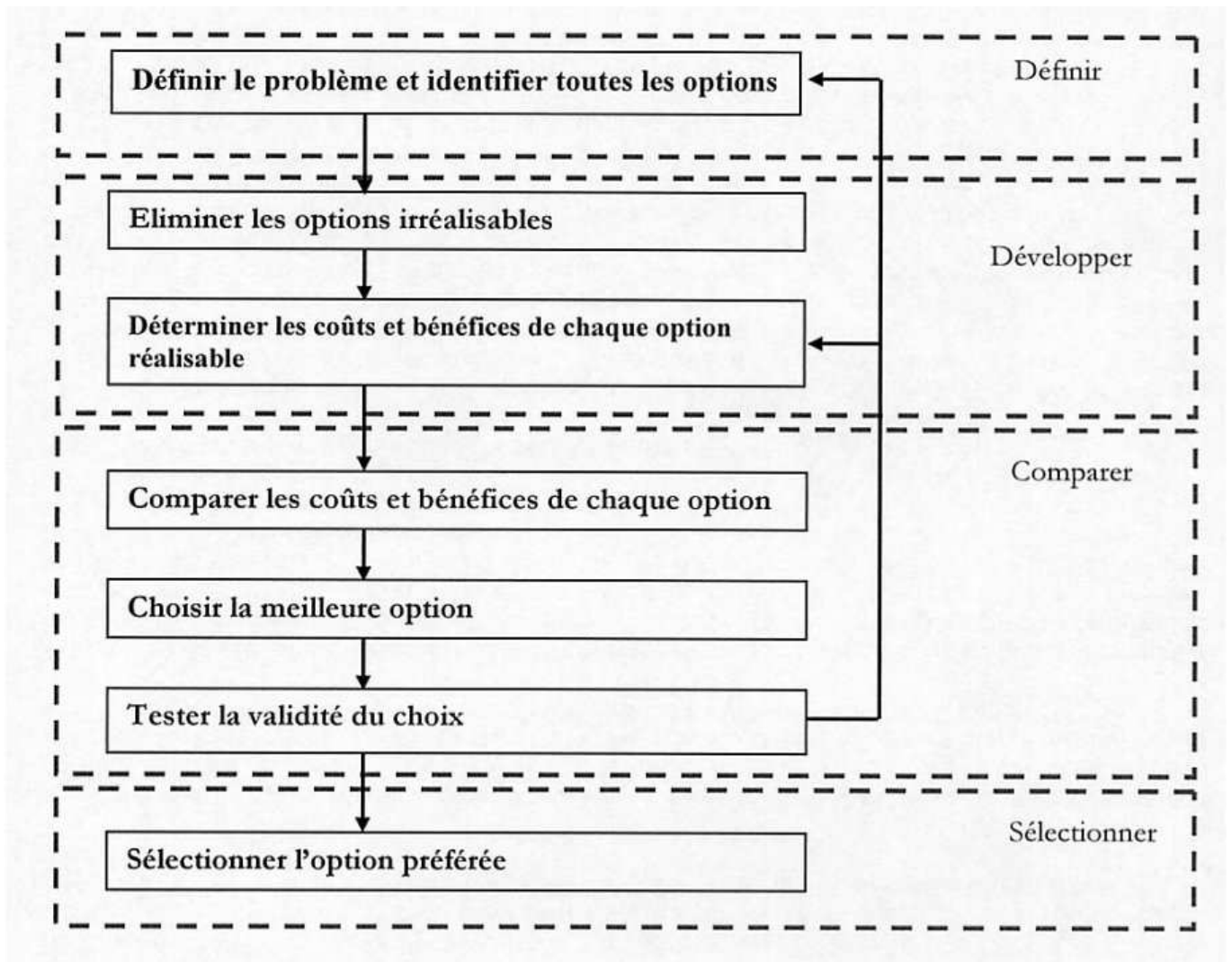


Figure 6. Les principales étapes d'une analyse coût/bénéfice  
Source : CHABERT, 2002.

Usages du sol	Niveau de protection acceptable Période de retour (années)
<b>Zones urbaines très denses</b>	<b>50-200</b>
<b>Zones urbaines denses avec quelques secteurs agricoles et des zones naturelles protégées</b>	<b>25-100</b>
<b>Zones à dominante agricole et/ou zones naturelles protégées, agriculture riche, et quelques habitations et des habitations temporaires (caravanes)</b>	<b>5-50</b>
<b>Zones à dominante agricoles mixtes avec des habitations vulnérables.</b>	<b>1,25-10</b>
<b>Zones à dominante agricole, zones de prairies avec des habitations isolées et des habitations saisonnières</b>	<b>&lt; 2,5</b>

Figure 7. Niveau de protection raisonnable selon l'usage du sol.  
Source : DEFRA, 1999

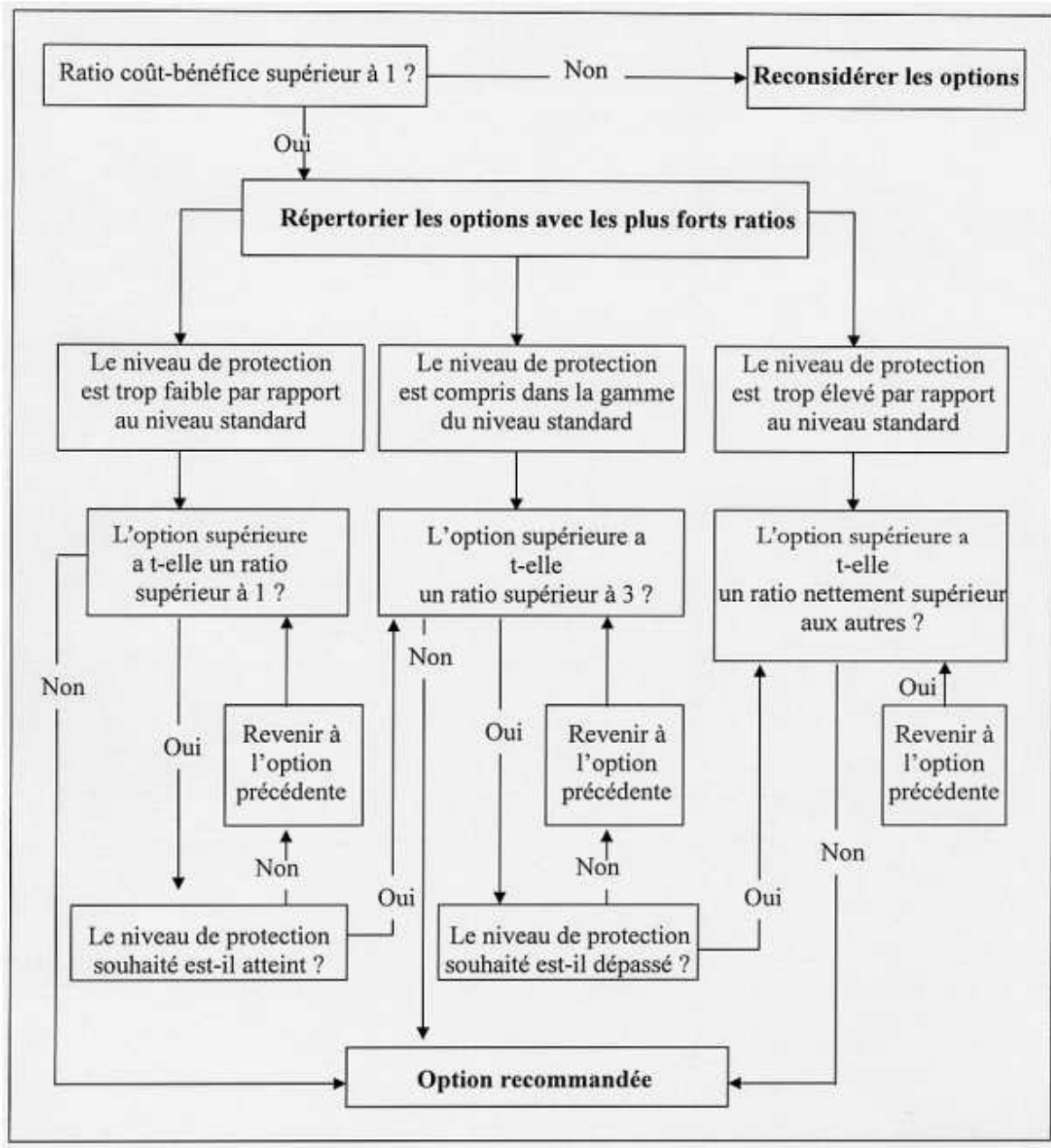


Figure 8. Le processus de décision à partir d'une analyse coût-bénéfice

Source : DEFRA, 1999

### 2.3 L'intégration de données environnementales et sociales dans l'analyse coût-avantage.

La finalité première attribuée à la réalisation de l'analyse coût-bénéfice est directement liée à la demande du gouvernement de justifier le bien fondé de la mise en place d'un projet de protection.

Jusqu'à présent la justification de l'opportunité de la réalisation d'un ouvrage se faisait sur le seul critère économique. Comme nous l'avons indiqué dans la première partie, la prise de décision sur un critère unique ne fait plus l'unanimité auprès des politiques mais surtout de la société civile. La prise de décision en matière de gestion des risques tend à l'heure actuelle à se baser sur une compréhension globale de la dynamique des territoires inondables et non sur la seule considération du critère économique.

Dans cette optique, le Ministère de l'Agriculture (le DEFRA) a créé en mars 2002, le Scheme Prioritisation System. Ce nouveau système d'évaluation de l'opportunité des ouvrages de protection repose toujours sur la réalisation d'une analyse coût-avantage, sur une base monétaire, mais plus seulement. En effet, les pouvoirs publics

introduisent, avec le Scheme Prioritisation System, l'obligation pour les demandeurs de subventions de réaliser la traditionnelle analyse coût-avantage mais, fait nouveau, d'y introduire une évaluation environnementale et sociale.

L'analyse de l'opportunité d'un ouvrage de protection se fait maintenant sur la base de trois évaluations :

- L'évaluation économique correspond à une analyse coût-bénéfice du projet de protection. Le ratio coût-avantage reste l'élément de base de l'étude économique. La méthode employée pour la réaliser est contenue comme nous l'avons étudié auparavant dans le PAG 3.
- L'évaluation environnementale se fait sur la base de l'identification des zones dites naturelles ou protégées. Cette évaluation repose sur des critères qualitatifs et tient compte du type de territoire protégé: est-ce une zone naturelle protégée, un territoire où la biodiversité est fragile, une zone d'expansion des crues,....
- L'évaluation sociale du projet correspond à une étude de la population présente sur le site. La population est recensée de façon approximative sur la base du nombre de logements présents en zone à risque et dont les dommages seront potentiellement réduits grâce au projet. L'évaluation de la population est pondérée selon l'intensité du risque (très fort, fort, autres) et selon la plus ou moins grande capacité de la population à résister au risque (personnes âgées, pauvres, familles monoparentales...).

Le Scheme Prioritisation System vient compléter une approche plus ancienne développée en 1997 par le DEFRA, le Priority Scoring (Système de notation).

Face à la demande croissante de subventions, le DEFRA, ne pouvant soutenir financièrement tous les projets, a introduit un système de notation qui permet de faire une hiérarchisation des projets selon leur rentabilité économique mais aussi selon leur justification environnementale et sociale.

Un score est assigné à chaque projet et selon le seuil, fixé chaque année, le projet est soumis ou non au DEFRA qui examine les dossiers ayant eu une note supérieure au seuil. Tous les scénarios qui n'atteignent pas ce seuil sont éliminés et ne seront pas subventionnés. Ce système constitue une façon de présélectionner les projets qui sont les plus viables au regard des critères définis par le gouvernement.

Le système est fondé sur l'attribution de points. Chaque critère, économique, environnementale et sociale va rapporter un certain nombre de points. Plus un projet a de points et plus il est considéré comme viable. En 2002, il fallait que le projet ait plus de 20 points pour être subventionné. Les points sont attribués selon des critères définis dans le Scheme Prioritisation System.

Selon son ratio coût-bénéfice un projet se verra attribuer un nombre de points plus ou moins importants. Le tableau suivant est tiré du Scheme Prioritisation System, il indique le nombre de points attribués au projet selon son ratio économique.

Ratio Coût-Bénéfice	Points
Moins de 1	0
Entre 1 et 10,5	Entre 1 et 20 (selon une échelle linéaire)
Supérieur à 10,5	20

Figure 9. Mode d'attribution des points selon le ratio coût-bénéfice d'un projet de protection - Source : ODPM, 2002

Sur le plan environnemental, un projet se voit attribuer des points s'il protège une zone naturelle classée parmi les sites devant être préservés, tels les Plans d'actions de préservation de la biodiversité (National Biodiversity Action Plan, BAP) ou les zones ayant un intérêt scientifique particulier (Site of Special Scientific Interest, SSSI) . De plus un projet est valorisé s'il s'inscrit dans un contexte de protection du patrimoine historique (Figure 10).

Critères environnementaux	Points
Zone protégée classée SSSI	$25 \times \text{superficie de la zone (ha)}/\text{bénéfice attendu de la protection} \times 1,5$
Zone protégée non classée SSSI	$25 \times \text{superficie de la zone (ha)}/\text{bénéfice attendu de la protection} \times 1,0$
Zone inscrite dans un plan d'action de préservation de la biodiversité	$25 \times \text{superficie de la zone (ha)}/\text{bénéfice attendu de la protection} \times 2,0$
Total	De 0 à 12
Site classé patrimoine historique grade 1 ou 2	2
Site classé patrimoine historique grade 2 ou plus	1
Total général	Maximum : 12, sachant que le maximum dans chacune des catégories est rare

Figure 10. Mode d'attribution des points selon les critères environnementaux – Source : ODPM, 2002

Des points sont également attribués à un projet selon la population présente sur le site à protéger. Ainsi, selon le nombre de logements, l'intensité de l'aléa et la vulnérabilité supposée des catégories de personnes présentes, le projet se verra attribuer un certain nombre de points. L'évaluation de la vulnérabilité de la population est réduite au nombre de personnes présentes sur le site. Le tableau 11 présente les points accordés selon les caractéristiques sociales de la zone concernée par le projet de protection.

Critères sociaux	Points
<b>Population</b>	75 × nombre de logements / bénéfice attendu de la protection
<i>Intensité de l'aléa</i>	
Très fort	2
Fort	1
Autre	0
<i>Vulnérabilité de la population</i>	
Entre 1 et 300	2
Entre 301 et 1500	1
Entre 1501 et 6664	0
Entre 6665 et 8114	-1
Entre 8115 et 8414	-2
Total maximum	12

Figure 11. Mode d'attribution des points selon les critères sociaux – Source : ODPM, 2002

En théorie, l'utilisation du priority scoring est diverse. Cette analyse est préconisée comme aide à la décision dans le choix de différents projets mais aussi pour choisir entre différentes options sur un même site.

Dans la pratique, souvent par manque de temps, la partie qualitative est moins développée que l'analyse coût-avantage et les aspects sociaux et environnementaux servent surtout à départager deux projets qui ont le même ratio coût/bénéfice.

Ce priority scoring semble aussi être un moyen indirect pour le ministère de surveiller l'agence de l'environnement dont les choix s'orientent souvent vers des projets de protection de grande envergure.

### 3 Les modalités d'application des évaluations socio-économiques sur le terrain

#### 3.1. Bilan de la mise en œuvre des analyses coûts-avantages dans la politique de gestion des risques.

##### 3.1.1 L'utilisation réelle des expertises économiques dans la politique de gestion des risques.

L'analyse coût-avantage est en Angleterre utilisée de façon systématique dans la réalisation des projets d'ouvrages de protection.

L'utilisation des données et des méthodes développées par le FHRC a été très fortement renforcée du fait de l'obligation gouvernementale de faire une analyse coûts-bénéfices pour chaque projet de protection et du passage obligé de cette analyse devant des experts du gouvernement central chargés de la valider.

Le gouvernement central est l'initiateur des recherches menées par les chercheurs du FHRC et le plus fervent supporter des données et des méthodes développées par ces derniers. Aussi l'utilisation des Blue and Red Manual fut très fortement cautionnée par l'administration centrale qui au final ne donnait guère le choix aux autorités locales de faire différemment.

L'utilisation des méthodes développées par l'université du Middlesex s'inscrit donc dans un cadre officialisé par l'administration centrale et de ce fait fut généralisé du plus petit ouvrage local mis en place par les autorités locales aux projets de grande envergure initiés par le gouvernement lui-même (PENNING-ROUSELL E.C. 1999).

Globalement, la méthode coût-avantage exposée dans le PAG 3 est utilisée en majorité par les agents de l'Agence de l'Environnement qui s'occupent de la construction des ouvrages de protection.

« C'est l'agence de l'environnement qui réalise la plupart des analyses coûts- bénéfiques : ce sont les agents qui s'occupent du Flood Defence (Service de la Protection contre les inondations) qui les réalisent. Nous dépensons à peu près £150 millions par an pour de nouveaux projets »<sup>17</sup>.

Ce document est très rarement utilisé par les agents des autorités locales elles-mêmes qui sous-traitent la réalisation des études coût-avantage à des bureaux d'études privés par manque de temps et de compétence<sup>18</sup>.

Ainsi, l'utilisation de la méthode coût-avantage proposée dans le PAG 3 et des données sur les dommages du FHRC s'est généralisée à un grand nombre de bureaux d'études chargés de mener des évaluations de ce type pour le compte des autorités locales.

Généralement la méthode est utilisée telle quelle sans adaptation particulière au contexte local. Seuls quelques experts indépendants ont adapté les méthodes du FHRC au contexte local auquel ils étaient confrontés. Ces initiatives furent néanmoins rares et ne débouchèrent que dans très peu de cas sur de réelles améliorations de l'opérationnalité des méthodes développées dans la sphère universitaire.

La méthode coût-avantage est un outil d'aide à la décision. Il sert à donner des éléments quantitatifs à un décideur unique, ici le gouvernement central.

« Les analyses coût-bénéfice sont réalisées quand on veut de l'argent. Il est nécessaire d'apporter la preuve d'un bénéfice avant la réalisation d'un projet. Pour donner des subventions le gouvernement regarde les résultats de l'analyse coût-avantage. C'est un critère majeur de décision pour donner ou non des subventions. Il y a tellement d'argent à donner dans la gestion des risques que l'analyse coût-bénéfice est un moyen de savoir à quel endroit et à qui le gouvernement donne de l'argent »<sup>19</sup>.

Le rôle attribué à l'analyse coût-avantage n'est pas dans ce contexte d'établir une concertation avec les acteurs concernés par le projet (la société civile, les autorités locales) mais de donner au décideur des arguments, des données scientifiques pour faire un choix entre différents projets. On est ici dans un schéma décisionnel linéaire dans lequel la concertation et la négociation entre les différents groupes d'intérêt sont exclues.

### 3.1.2 Cette méthode est-elle transposable aux mesures de contrôle de l'occupation des sols ?

Pour l'ensemble des acteurs interrogés (administration centrale, chercheurs, autorités locales, Agence de l'Environnement), la méthode coût-avantage n'est pas transposable dans un contexte de maîtrise de l'occupation des sols.

Plusieurs arguments sont avancés :

- Tous les acteurs s'accordent à dire que le système de planification en Angleterre n'est pas propice au développement d'analyse des impacts des inondations. Ceci pour deux raisons majeures :
  - La procédure des plans d'aménagement est déjà trop longue et y ajouter des analyses précises ne ferait qu'alourdir la procédure.
  - La procédure des plans d'aménagement met énormément l'accent sur la concertation entre les acteurs. Cette concertation est souvent lourde à gérer et l'idée d'ajouter des études ouvre la perspective à d'autres débats et donc rendrait encore plus difficile la concertation.
- La totalité des groupes d'acteurs sont également en accord sur le fait que les analyses développées par le FHRC (l'évaluation des dommages et la méthode coût-avantage) ne sont pas appropriées aux décisions dans le contexte du contrôle de l'occupation des sols.

La prise de décision d'aménager les zones inondables se fait sur le bon sens en regard de la potentialité à être inondé et du type d'usage du sol que l'on veut mettre. Pour ce faire, les autorités locales estiment ne pas avoir besoin de faire d'analyses spécifiques des impacts des inondations mais juste de prendre connaissance de l'aléa.

La philosophie de l'Agence de l'Environnement s'inscrit dans le même courant de pensée que celui des autorités locales comme en témoigne cet extrait d'entretien : « Lorsque les autorités locales prennent des décisions en termes d'occupation des sols, elle prennent en compte les conséquences sociales et économiques de leurs actions. Pour cela, elles consultent leur plan d'aménagement et voient ce dont la société a besoin (écoles,

<sup>17</sup> Entretien Agence de l'Environnement.

<sup>18</sup> Entretien Agence de l'Environnement.

<sup>19</sup> Extrait d'entretien DEFRA.

*hôpitaux, entreprises,...). Il n'y a pas d'études pour faire cela. Elles regardent l'option qui leur semble être la plus durable et la sûre au regard de la carte d'aléa. Les décisions sont basées sur le bon sens »<sup>20</sup>.*

### 3.2. Les difficultés méthodologiques rencontrées sur le terrain

En juin 2000, l'équipe du FHRC, sur une demande du gouvernement, a lancé une enquête auprès des utilisateurs des données sur les dommages publiés dans les Blue and Red Manuals pour avoir leurs opinions sur la facilité d'utilisation et les usages réels de ces guides (FHRC, 2001).

Ont été consultés :

- 18 bureaux d'études rattachés au MAFF
- 25 autorités locales
- 20 ingénieurs de l'Agence de l'Environnement
- 48 bureaux d'études indépendants

Le retour au questionnaire est jugé excellent par le FHRC. La grande majorité des organismes ont souhaité donner leur avis et ont accueilli favorablement la démarche. Seule une autorité locale n'a pas souhaité donner son opinion du fait qu'elle estime ne pas avoir assez d'expérience dans le domaine, les études étant faites par des bureaux d'études extérieurs et non par les services locaux. De même l'Agence de l'Environnement n'a pas donné beaucoup de retour au questionnaire. Sur 20 agents consultés, seul un a répondu au questionnaire.

Cette partie est largement inspirée de ces résultats et complétée par nos propres entretiens.

### 3.3 Remarques générales sur les guides méthodologiques

#### 3.3.1 L'utilisation des guides

Globalement, les bureaux d'études estiment que les guides ne sont pas d'un usage facile. Certains d'entre eux trouvent mêmes qu'ils sont « incompréhensibles » à la première approche, pour reprendre leurs propres termes. La majorité des acteurs sont obligés de faire une démarche lourde en temps pour comprendre comment est conçu le document avant de pouvoir l'utiliser.

Cependant certaines nuances sont à apporter. Les bureaux d'études ne portent pas tous le même regard sur les guides. Les plus expérimentés et les ingénieurs de l'agence de l'environnement se sont familiarisés avec les guides et peuvent maintenant développer leur propre procédure et faire des expertises avec des méthodes « maisons ». Par contre les autorités locales et les ingénieurs moins expérimentés disent avoir des difficultés à s'approprier la méthode proposée et doivent faire une démarche très lourde de compréhension de la procédure à chaque fois qu'une étude est engagée. Aussi, un document concis facilement compréhensible par les novices est demandé.

Les utilisateurs sont également en attente d'une plus grande lisibilité du document qui n'est pas organisé clairement. Le document n'est pas lisible et les acteurs ne trouvent pas facilement quelles données sont disponibles et dans quelles parties du guide elles se trouvent.

#### 3.3.2 L'exploitation des données

Les personnes interrogées estiment que la mise en détail des guides est trop importante. Un certain nombre d'informations ne sont pas utilisables et utiles dans la plupart des analyses.

Les données les plus utilisées sont les courbes de dommages réactualisées. Ces informations sont plus utilisées que les guides eux-mêmes.

L'illustration de la méthode par des études de cas dans les guides est très appréciée par les utilisateurs cependant ceux-ci souhaiteraient qu'elles soient plus précises car en général elles restent d'un niveau de précision général et donc difficilement transposable.

Par ailleurs l'ensemble des acteurs insiste sur le fait qu'il est nécessaire de bien définir les utilisateurs potentiels du nouveau guide et de préciser pour quels types de projets le guide est applicable, ceci afin d'éviter une disparité entre les objectifs attendus et les résultats obtenus.

<sup>20</sup> Extrait d'entretien, Agence de l'Environnement.

### 3.4 Remarques affinées sur le recueil des données et leur exploitation

#### 3.4.1 Les dommages directs à l'habitat

Les données sur les dommages directs à l'habitat sont considérées par l'ensemble des acteurs comme le cœur du processus d'évaluation des bénéfices d'un projet. C'est pourquoi l'exactitude des données sur les dommages directs est primordiale.

Certains acteurs ont déclaré utiliser les données contenues dans les guides plus parce que cela fait partie de la procédure officielle que par conviction sur l'exactitude des données proposées par ce guide.

Globalement un consensus s'est établi entre les utilisateurs pour dire que les données sont anciennes et qu'elles ont besoin d'être remise à jour. Cette obsolescence des données est d'autant plus dévoilée que certaines compagnies d'assurance ont mis en évidence un écart de valeurs entre leurs données et celles fournies par les Blue and Red Manuals. De façon générale les valeurs fournies par les guides sont sous évaluées par rapport aux données des assureurs. Une étude, Dundee Study, dans laquelle les données Flair sont comparées avec les données des assurances, montre que les dommages Flair sont plus faibles que les données des assurances pour les dommages à l'habitat. Cependant cette étude met aussi en évidence que les données ne sont pas collectées dans le même but et sur des bases différentes. Il faut donc nuancer ces résultats.

Un grand nombre d'acteurs estiment que les données contenues dans le document FLAIR de 1990 ne reflètent pas les évolutions des conditions de vie. En particulier, la généralisation des appareils électriques : HIFI, video qui ont une forte valeur ajoutée.

De même, l'utilisation des niveaux inférieurs des maisons (sous-sol, garage) pour des activités de loisirs ou comme habitation s'est généralisée et augmente le coût des dommages car se sont des niveaux très vulnérables aux inondations, mais ne sont pas pris en compte dans la réactualisation des données.

Certains utilisateurs remettent en question le choix de la classe sociale comme critère de vulnérabilité. Très souvent les informations sur la classe sociale des habitants ne sont pas disponibles et c'est sur une base subjective que se fait la détermination de la classe sociale selon le type d'habitation. Aussi, les acteurs se refusent très souvent à évaluer les dommages en s'appuyant sur le critère de la classe sociale.

Certains acteurs ont mis en avant lors de l'enquête que les maisons n'ont pas une valeur équivalente selon la région dans laquelle elles sont situées. Il y a une différence du prix du foncier importante entre les régions nord de l'Angleterre qui sont moins chères que la partie sud du pays où le marché foncier est saturé. Ceci génère des problèmes de transposabilité des données modulées sur une base nationale au contexte local.

#### 3.4.2 Les dommages aux activités commerciales et industrielles.

Bien que les bureaux d'études considèrent généralement que les procédures et leurs applications sont simples, ils émettent un certain nombre de limites sur les données de dommages potentiels aux activités commerciales et industrielles.

L'ensemble des utilisateurs s'accorde à dire que les données fournies dans les guides sont obsolètes. Les bureaux d'études ne sont pas convaincus de la viabilité des données et mettent en doute le fait que les données reflètent correctement les valeurs réelles des dommages. Globalement les données du FHRC ont tendance à sous-évaluer la valeur des dommages du fait que les bâtiments et les activités industrielles, commerciales font appel de plus en plus à de la haute technologie ce qui a eu pour conséquence une évolution vers le haut de la valeur de ces activités.

Les utilisateurs estiment difficile l'application de la méthode FHRC pour évaluer les dommages aux commerces et aux industries car les guides se réfèrent à une classification des entreprises qui est selon eux trop détaillée. Le nombre important de catégories complique l'évaluation d'autant plus qu'il est important de se référer à la catégorie la plus proche possible de la réalité car les dommages évalués diffèrent nettement selon le type d'activités et de bâtiments.

Une autre critique des utilisateurs repose sur le fait que certaines catégories de bâtiments, d'entreprises sont évaluées à partir de 3 ou 4 cas seulement. Aussi ils remettent en question la fiabilité de ces données et leur transposabilité.

Pour pallier à ces incertitudes certains bureaux d'études ont développés et utilisent leurs propres données qu'ils ont recueillies à partir de questionnaires et transmis aux entreprises locales situées dans la zone concernée. Cela permet d'avoir une adaptation des données au contexte local tout en utilisant la méthode développée par le FHRC et donc de rester sur le plan méthodologique dans la lignée de ce qui est demandée au niveau national.

#### 3.4.3 Les dommages intangibles : impacts sur la santé, le stress et pertes en vie



humaine.

Un grand nombre de bureaux d'études regrettent que l'analyse coût-avantage du FHRC ne contiennent pas de données sur les impacts sociaux : stress, santé, inquiétude,... Selon eux, l'objectif premier des ouvrages de protection est de prévenir les pertes en vie humaine, c'est pourquoi il serait tout à fait justifié que ce genre de critères soit inclut dans le calcul du coût des bénéfices.

Les acteurs expriment le désir de voir prochainement des données relatives aux impacts intangibles.

### 3.4.4 Evaluation des dommages à l'agriculture.

La grande majorité des acteurs déclarent ne pas se servir des évaluations des dommages à l'agriculture dans leurs études. Premièrement parce que les bénéfices évalués sont si faibles qu'ils sont quasiment négligeables et deuxièmement parce que les études coût-avantage concernent dans la majorité des cas des secteurs urbains plutôt que des zones agricoles.

## LISTE DES ORGANISMES RENCONTRÉS

### Administration centrale

#### **DEFRA**

Area 3D, Ergon House  
Dean Bradley  
Street  
SW1P 3JR

#### **ODPM**

Eland House, Bressenden Place,  
London SW1E 5DU

#### **Environment Agency** (Thames)

Isis House,  
Howberry Park  
Wallingford  
Oxfordshire OX10 8BD

### Autorités locales

#### **Swindon Borough Council**

Environmental Services  
Premier House, Station Road  
Swindon SN1 1TZ

#### **Oxfordshire county Council**

Speedwell House, Speedwell St,  
Oxford OX11 1NE

#### **Oxford City Council**

Ramsay House  
10 St Ebbes Street  
Oxford OX1 1PT

#### **Lewes District Council**

Southover House, Southover Road  
Lewes, East Sussex BN7 1DW

### Bureaux d'études

#### **Halcrow Group Limited**

Burderop Park  
Swindon  
Wiltshire SN4 0QD

#### **Terry Oakes Associates**

71 Kirkley Park Road,  
Lowestoft,  
Suffolk NR33 0LQ

### Centre de recherche

#### **FHRC**

Middlesex University  
Queensway, Enfield  
Middlesex EN3 4SF

## CHAPITRE IV : LA SITUATION AUX ETATS-UNIS

**Résumé :** Les Etats-Unis ont donné une place très importante à l'échelon fédéral dans la gestion des inondations. Le principal acteur de cette gestion est le Federal Emergency Management Agency (FEMA) et le levier d'action de cette agence est le National Flood Insurance Program (NFIP). Une des conditions nécessaires pour qu'une collectivité adhérente à ce programme puisse prétendre à l'aide financière du FEMA est qu'une analyse de type coûts-avantages montre la pertinence de la politique de mitigation envisagée.

La pratique de études coûts-avantages est très ancienne aux Etats-Unis. En 1936, le gouvernement fédéral exige officiellement par le Flood Control Act que, dans les projets de prévention des inondations envisagés, les bénéfices excèdent les coûts. Dès 1950, un premier guide pratique de l'analyse coûts-avantages a été édité. Actuellement, les pratiques des agences fédérales intervenant sur des projets de contrôle des inondations s'inscrivent, pour l'évaluation des projets, dans le cadre d'un document guide de référence (*Economic and Environmental Principles and Guidelines for Water and Related Land Resources Implementation*, noté P&G). Ce document ne propose pas de normes pour l'évaluation, mais seulement des guides. Comme en Angleterre, les pratiques actuelles évoluent vers des analyses multicritères.

Selon le P&G, trois grands types de dommages doivent être considérés : les dommages physiques, les pertes d'activité et les coûts de la gestion de la crise. Les bénéfices attendus des projets doivent être considérés sous l'angle de l'augmentation nette d'activité (revenus) entre la situation initiale sans projet et la situation finale avec projet. Trois catégories de bénéfices peuvent être considérés : bénéfices issus de la réduction des inondations, bénéfice dit d'intensification (augmentation du revenu net généré par l'activité de la plaine), bénéfice dit de localisation (nouvelles activités dans la plaine).

Les études coûts-avantages américaines s'intéressent à la dynamique dans le temps des territoires intéressés par les projets de protection. Par exemple, une attention particulière est donnée à la durée de vie économique restante des structures existantes. Mais aussi, toute activité décidant de s'implanter dans la plaine d'inondation, subit les coûts de la protection contre les inondations imposée par les réglementations de façon effective dans les scénarios considérés. De même, l'influence du projet sur l'occupation future du sol est estimée. Le guide préconise d'appuyer les projections des activités dans l'aire d'étude sur des tendances observables à une échelle macro-économique. L'estimation de l'occupation potentielle du sol consiste en la conversion des projections démographique et économique précédentes en surfaces occupées par type d'activité. Il est même conseillé de pousser l'analyse jusqu'à tenir compte des transferts possibles à l'ensemble de l'aire d'étude.

De même, en fonction de la nature du projet, il peut être nécessaire de calculer la différence de revenus associée au foncier induite par le projet. Différentes méthodes économiques sont proposées aux concepteurs pour étudier les influences sur le foncier (impacts sur les valeurs des terrains, sur le marché foncier...).

Les démarches américaines vont donc au delà de la seule estimation des dommages monétaires pour s'intéresser aux impacts économiques dans leur sens le plus large. Les projets d'aménagement ne se traduisent pas seulement par des réductions de dommages directs, ils peuvent influencer les coûts de l'assurance, générer des bénéfices liés à l'intensification de l'activité (augmentation de la valeur foncière, changement dans les revenus...), générer des bénéfices hors zones inondables par une occupation et une exploitation accrue de ces zones. L'analyse coûts-avantages doit, en utilisant au mieux les données locales, prendre en compte tous ces aspects.

### 1 – La dimension politique de l'expertise socio-économique des territoires inondables

L'objectif de cette partie est de faire un bref retour sur l'organisation de la politique de gestion des risques aux Etats-Unis afin de bien comprendre le cadre contextuel aux méthodes dévaluation présentées dans la deuxième partie.

#### 1.1 Bref retour sur la politique de gestion des risques d'inondation

##### 1.1.1 L'importance de l'échelon fédéral

Seul l'échelon fédéral de politique de prévention des inondations est analysé dans cette partie. Il ne faut surtout pas en conclure que les autres échelons (États, Comtés, Municipalités, Tribus) n'ont aucune importance ni particularité, ce serait mal comprendre le fonctionnement politique des Etats-Unis. Mais il s'avère qu'en ce qui concerne la gestion des inondations, un effort particulièrement important a été effectué à l'échelon national.

En effet, depuis le Flood Control Act de 1936, les États-Unis ont donné une place très importante à l'échelon fédéral dans la gestion des inondations, ainsi qu'à des structures fédérales telles que l'U.S. Army Corps of

Engineer, en charge d'une réalisation des travaux de façon conforme au Flood Act, notamment dans la phase d'évaluation.

À l'heure actuelle, l'acteur principal de la gestion des inondations aux États-Unis est le FEMA (Federal Emergency Management Agency), agence fédérale en charge de la gestion de tous les risques dans ce pays, risques technologiques, terroristes ou naturels. Les responsabilités du FEMA relatives aux inondations concernent à la fois la « mitigation » des inondations, la gestion de crise ainsi que la réparation suite aux inondations.

Le levier d'action de cette agence est le NFIP (National Flood Insurance Program), mis en place par le National Flood Insurance Act en 1968 et révisé par le Flood Disaster Protection act en 1973 puis par le National Flood Insurance Reform Act en 1994. Le NFIP est un programme national qui vise à proposer une assurance contre les inondations à tout membre d'une collectivité si cette collectivité accepte un certains nombres de règles. Par collectivité sont désignés les États, les Comtés, les Municipalités ou les Tribus (les principaux échelons d'administration aux États-Unis). Les règles à respecter concernent principalement l'occupation du sol dans les zones inondables : contrôle voire interdiction du développement dans certaines parties du territoire de la collectivité, imposition de conditions de construction visant à baisser la vulnérabilité sur les futurs bâtis, voire les anciens (élévation du rez-de-chaussée par exemple, ce qui est possible avec le type de bâti américain).

Pour les collectivités participantes, le FEMA peut également participer au financement de mesures visant à la mitigation au long terme des dommages liés aux inondations. Il y a d'ailleurs deux cas possibles, soit la collectivité estime nécessaire de mettre en place des mesures de mitigation, soit le FEMA, alarmé par exemple par des dégâts trop récurrents au sein d'une collectivité peut demander à cette collectivité de mettre en place des mesures de mitigation. Dans les deux cas, c'est la collectivité qui est en charge de choisir les mesures adéquates et de justifier de leur efficacité au travers d'une évaluation répondant à un cahier des charges définis par ailleurs. Lorsque cette évaluation justifie les mesures proposées, le FEMA finance jusqu'à 75% du projet, le reste étant à la charge de la collectivité.

Il est important de noter que l'adhésion au NFIP n'est en aucun cas obligatoire, par contre si cette adhésion n'est pas effective, aucun membre de la collectivité ne peut prétendre à l'assurance fédérale, la collectivité ne peut pas prétendre non plus à l'aide au financement des mesures de mitigation.

### 1.1.2 Qu'est-ce que la mitigation ?

Avant toute chose, la *mitigation* est le terme consacré par la FEMA pour désigner l'ensemble des mesures visant à gérer les inondations dans un souci préventif (hors gestion de crise, hors réparation, hors assurance). La traduction littérale de ce terme donne atténuation, minimisation ou réduction.

Les mesures de *mitigation* peuvent concerner en fait une vaste étendue de mesures, qui sont souvent présentées comme étant soit structurelles soit non structurelles.

Les mesures structurelles visent à réduire l'aléa local, par une modification du comportement hydrologique du cours d'eau. Elles sont nommées structurelles car elles impliquent la plupart du temps la construction d'aménagements.

Des mesures dites non structurelles visent plutôt à modifier ou à contrôler la vulnérabilité des biens et des personnes exposées. Ces mesures peuvent être : une interdiction ou acceptation sous conditions des constructions nouvelles dans une zone ; une politique d'acquisition – destruction de biens ; une aide à la protection de biens ciblés ; aide à la modification – déplacement de certains bâtis ; une politique de communication visant à développer la culture du risque auprès de la population.

Lorsqu'une collectivité souhaitant mettre en place des mesures de mitigation cherche à obtenir le soutien financier de la FEMA, il faut que ce projet passe un critère de rentabilité économique. Ce critère découle d'une analyse coûts-bénéfices. Il est appliqué en toute rigueur quelque soit la nature des mesures sous-jacentes (structurelles ou non).

L'idée sous-jacente à cette politique d'évaluation est que la collectivité doit favoriser les projets qui mènent effectivement à une réduction des dommages.

## 1.2 Les orientations politiques de l'évaluation des impacts des inondations

### 1.2.1 La longue tradition de l'analyse coûts-bénéfices

L'ACB (Analyse coûts-bénéfices) a été utilisée pour la première fois aux États-Unis, dans les Agences fédérales de l'eau, principalement l'U.S. Corps of Engineers et le Bureau of Land Reclamation. Dès 1808, un rapport du secrétaire du Trésor (le rapport Gallatin, 1808) recommande qu'une comparaison des coûts et des bénéfices soit effectuée dans les projets d'irrigation ou d'aménagement hydraulique.

Un siècle plus tard, en 1936, le gouvernement fédéral des États-Unis exige officiellement par le Flood Control Act que, dans les projets de prévention des inondations envisagés, les bénéfices excèdent les coûts : « *the Federal Government should improve or participate in the improvement of navigable waters or their tributaries including watersheds thereof, for flood-control purposes if the benefits to whomsoever they may accrue are in excess of the estimated costs* ». Cette obligation concerne principalement l'U.S. Corps of Engineer, alors en charge de la réalisation des grands travaux suscités par cet acte de loi.

En 1950, sous les auspices du Comité fédéral des Agences de bassin, un premier guide pratique de l'analyse coûts-bénéfices, le Green Book, est édité, puis un second, la Budget Circular A-47. La publication de ces guides de bonnes pratiques encourage l'intérêt académique, et Eckstein (1958) émancipe l'analyse coûts-bénéfices de la stricte pratique des ingénieurs pour associer ses techniques aux fondements théoriques de l'économie du bien-être.

L'abandon du recours quasi-systématique aux mesures structurelles de contrôle n'a pas marqué la fin des critères de type coûts-bénéfices pour juger de l'opportunité des mesures dites de mitigation des inondations. Comme il a été dit précédemment, une des conditions nécessaires pour qu'une collectivité adhérente au NFIP puisse prétendre à l'aide financière du FEMA est qu'une analyse de type coûts-bénéfices montre la pertinence de la politique de mitigation pressentie.

### 1.2.2 Un objectif clairement affiché au niveau fédéral

Le cadre de l'évaluation des projets de contrôle des inondations dont il est question dans cette section concerne les pratiques des agences fédérales des États-Unis. Ces pratiques sont extrêmement bien documentées aux États-Unis, elles découlent d'un document guide de référence, le *Economic and Environmental Principles and Guidelines for Water and Related Land Resources Implementation Studies*, qui sera désigné par P&G à l'image de la pratique américaine.

Les recommandations de ce guide ne se limitent pas aux seuls projets de contrôle des inondations, mais à tous ceux ayant affaire avec la double entrée gestion de l'eau, gestion du territoire.

Ce document, s'il ne propose pas des normes pour l'évaluation, mais seulement des guides, est introduit par une double page synthétique des principes gouvernant l'évaluation économique et environnementale au niveau fédéral. Ces principes ont pour objectif affiché d'assurer que tout projet concernant la ressource en eau et la gestion du territoire, et conduits par une agence fédérale, soient formulés et évalués selon une manière jugée correcte et homogène. Parmi ces agences, il est intéressant de noter la place prépondérante que continue d'exercer l'U.S. Corps of Engineers (USACE), dans le processus d'évaluation des projets. Créé en 1802, cette agence joue un rôle prépondérant dans les projets de réduction des inondations aux États-Unis. Particulièrement investie par le Flood Control Act, cette agence a notamment aidé à la construction des milliers de kilomètres de digues au travers de tout le pays.

Il est ainsi clairement énoncé que la conduite des projets par les agences fédérales doit avoir pour objectif premier de contribuer au développement économique national (désigné par l'acronyme NED pour national economic development), tout en s'assurant de la protection de l'environnement national. La définition proposée des contributions au NED désigne les accroissements de la production nette au niveau national des biens et services (exprimés en terme monétaire), que ces biens et services soient marchands ou non. Il est également clairement énoncé que les bénéfices nets directs importent à la fois dans la zone d'influence du projet et au niveau de la Nation. « *A plan recommending Federal action is to be the alternative plan with the greatest net economic benefit consistent with protecting the Nation's environment, unless the Secretary of a department or head of an independent agency grants an exception to this rule. Exceptions may be made when there are overriding reasons for recommending another plan, based on either Federal, State, local and international concerns* ».

### 1.2.3 Vers des approches multi-critères

La dernière citation montre l'importance donnée aux bénéfices économiques des projets dans la phase d'évaluation, elle ne ferme toutefois pas la porte à d'autres objectifs qui peuvent s'imposer à ce critère présenté pourtant comme essentiel.

Un comité du NRC (1994), chargé de la revue critique des procédures de gestion des projets liés à l'eau menés par l'USACE, a donné la conclusion suivante. « *Today, ecological and social considerations are often of great importance in project planning and should not necessarily be considered secondary to the maximisation of economic benefits. Strict adherence to the NED account may discourage consideration of innovative and non structural approaches to water resources planning. [...] The notion of NED as formulated in 1983 may not fit contemporary planning and social realities.* » Le comité a également recommandé une révision conséquente du P&G dans ce sens.

Un comité plus récent du NRC (2000) reprend et appuie ces conclusions. « Environmental, health, safety, and other social considerations of flood damage reduction projects should be quantified to the extent possible and included in floodplain management decisions. ». Il affirme également que la gestion des plaines d'inondation ne peut se contenter d'une approche purement technocratique. Les valeurs que la société place sur les rivières, les plaines d'inondation, les zones humides, les ressources en eau devraient être centrales dans le processus d'évaluation des projets de réduction des inondations. En conséquence, les valeurs de la société étant assimilées à celle du « public » concerné, l'implication des citoyens ou de groupes de représentation est à la fois souhaitée et encouragée.

Dans le rapport « *Risk analysis and uncertainty in flood damage reduction studies* », les pistes proposées par un comité du NRC pour comparer les projets répondant à plusieurs critères sont essentiellement issues des travaux académiques des spécialistes américains de l'aide à la décision (Keeney, Raiffa, McDaniels).

Le modèle décisionnel retenu dans ce contexte de décision multi-objectifs comprend deux phases. Dans un premier temps, le modèle doit construire les relations entre les différentes décisions possibles et leur conséquence dans l'univers multi-objectifs. Dans un second temps, le modèle doit permettre de mesurer la désirabilité relative de chacune des conséquences.

Si la première étape du modèle correspond à une étape classiquement admise de l'évaluation des projets, réalisée à partir de raisonnements scientifiques selon le rapport, la seconde partie traite explicitement des jugements de valeurs.

Le modèle d'évaluation de valeur proposé repose sur les travaux de Keeney et al. (1992), modèle construit en 4 étapes très largement assimilable à une analyse multi-critères du problème :

- identification des valeurs en jeu dans le problème considéré ;
- définition et structure des objectifs spécifiques à chacune des valeurs (par exemple « minimiser les dommages économiques », « éviter les pertes d'habitat naturel »);
- spécification d'une métrique de mesure pour chacun des objectifs (par exemple « dommages mesurés en dollars », « surface d'habitat naturel détruit »);
- spécification des poids relatifs (« trade-offs ») entre les différents objectifs.

La catégorisation des objectifs retenus est issue des travaux de Keeney et al. :

- objectifs fondamentaux : les objectifs utilisés pour décrire les conséquences des projets au public concerné par les projets ;
- objectifs de moyens : les objectifs qui affectent les conséquences finales, mais qui ne sont importants qu'au travers de leur impact sur les objectifs fondamentaux ;
- objectifs de processus : les objectifs concernant la façon dont la décision est prise, plutôt que quelle décision est prise ;
- objectifs organisationnels : les objectifs qui sont influencés par l'ensemble des décisions prises par les organisations en charge de l'intérêt public.

Les différents objectifs recensés dans chacune de ces catégories, concernant les projets de réduction des dommages d'inondation, sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Catégorie	Objectifs ciblés
Objectifs fondamentaux	Maximisation du bénéfice économique net Maximisation de la sécurité et santé publiques Minimisation des coûts de construction Minimisation des impacts environnementaux Minimisation des perturbations sociales Promotion de l'équité Protection de l'agriculture
Objectifs de moyens	Prévenir les dommages Promotion de la conservation des ressources Minimisation des accidents Minimisation des impacts des constructions
Objectifs de processus	Communication avec les parties prenantes Coordination avec les autres décisions Implication du public Utilisation d'informations fiables et précises
Objectifs organisationnels	Contribution à la confiance du public Garantie de l'acceptation par le public

**Tableau 1 : Catégorisation des objectifs dans le cadre de projets de réduction des dommages dus aux inondations (Source « *Risk analysis and uncertainty in flood damage reduction studies* »)**

Pour l'étape particulièrement critique de spécification des poids relatifs entre les différents objectifs, les pistes sont issues de la littérature américaine sur l'analyse multi-critères. Les « trade-offs » sont ainsi considérés comme le consentement à renoncer à l'accomplissement d'un objectif pour favoriser la réalisation d'un autre objectif. Il est énoncé que ces « trade-offs » peuvent être facilement obtenus directement du public ou de leur représentant, grâce à un analyste expérimenté. Toutefois, sur ce dernier point, et notamment le caractère facile de l'opération, nous émettons de sérieux doute pour les raisons suivantes :

- l'analyse multi-critère est particulièrement conçue pour les agents mis en situation de décision effective, ce qui n'est pas tout le temps le cas pour les représentants de certains porteurs d'enjeux, et rarement le cas pour le public ;
- dans le cas particulier des inondations, l'analyse multi-critère doit se faire en contexte de risque (dans le sens économique, c'est-à-dire que suite à une décision donnée, les conséquences ne sont pas certaines), ce qui ajoute énormément à la complexité de l'opération d'analyse.

## 2 – Etat des lieux de la démarche d'évaluation aux Etats-Unis

Le guide procédural concernant les dommages aux inondations en site urbain DavisSA1988a traduit de manière pratique les recommandations guide contenues dans le P&G. Il y est rappelé que l'analyse coûts-bénéfices est l'approche la plus utilisée, dans le monde anglo-saxon, pour évaluer l'efficacité économique des projets d'aménagements publics. Les quatre avantages majeurs retenus pour cette approche d'évaluation sont :

1. L'analyse coût-bénéfice aide à la détermination, la composition et l'ampleur d'un investissement les plus efficaces en terme de ratio coût-efficacité.
2. L'analyse coût-bénéfice peut être utilisée pour déterminer si un projet particulier est économiquement efficient.
3. L'analyse coût-bénéfice peut être utilisée comme critère de choix entre différents projets envisagés.
4. Enfin, l'analyse coût-bénéfice peut également aider à caler l'échéancier des différents projets les uns par rapport aux autres.

Toutefois, il est rappelé que la décision de faire tel ou tel projet, dans une société démocratique, repose au final sur des considérations politiques. L'analyse coût-bénéfice ne saurait se substituer à ces considérations, elle reste un outil d'aide à la décision. Il y a par ailleurs d'autres critères liés au bien-être social qui entrent en jeu dans le processus de décisions pour de tels investissements publics.

Le P&G rappelle à ce propos qu'une recherche et une documentation minutieuses doivent être réalisées concernant les impacts des projets sur la qualité de l'environnement, le développement économique régional et d'autres effets éventuels sur la Société. Qu'un décideur croit qu'une seule des considérations est prépondérante, il peut alors recommander un projet autre que celui ayant la meilleure efficacité économique (au sens du ratio coût-bénéfice), et même un projet dont le ratio est inférieur à 1:1 (le ratio, largement utilisé tel quel dans la littérature américaine traitant de l'analyse coûts-bénéfices indique la rapport entre les coûts et les bénéfices. Un ratio dit 1:1 est donc un rapport d'égalité entre les coûts et les bénéfices).

### 2.1 Principes préliminaires

#### 2.1.1 Les grandes catégories de bénéfices prises en compte

Les bénéfices attendus des projets de réduction du risque d'inondation proviennent principalement de la réduction des dommages potentiels ou avérés associés à l'occupation du sol.

Il paraît suffisamment clair que l'unité de réflexion pour évaluer les impacts des inondations, et par là même des projets de réduction des inondations, correspond à un noyau de type activité économique. Il s'agit de prendre ce terme avec un sens suffisamment large pour que les foyers puissent y figurer.

Les activités touchées par les inondations le sont au titre de trois grands types de dommages considérés :

1. **Dommmages physiques.** Les dommages physiques incluent les dommages (ou destruction totale) de toutes les structures physiques (bâtiments, mobiliers au sens large, infrastructures de réseaux etc.)
2. **Perte d'activité.** Ces pertes sont celles liées aux interruptions ou perturbations des activités usuelles. La prévention de ces pertes est considérée comme une contribution au NED dans le seul cas où elle n'est pas compensée par le report d'une activité ou le transfert de cette activité à d'autres établissements.
3. **Coûts de la gestion de crise.** Ces coûts incluent les dépenses provoquées par un événement inondant et qui n'auraient pas eu lieu sans l'événement, comme les coûts d'évacuation, les coûts de réoccupation, les

coûts de lutte contre les inondations, les secours aux sinistrés. Il y est également inclus l'augmentation des coûts des services des pompiers, et autres militaires. Le guide réfute la pratique consistant à estimer ces coûts en appliquant des pourcentages arbitraires aux estimations des dommages physiques ; il préconise une étude locale (par le biais de questionnaire).

Les bénéfices attendus des projets sont considérés sous l'angle de l'augmentation nette d'activité (revenus) entre la situation initiale sans projet et la situation finale avec projet. Il est également proposé trois catégories de bénéfices, qui correspondent à trois réponses possibles à l'implémentation d'un projet :

1. **Bénéfices issus de la réduction des inondations.** Le cas le plus général correspond à celui où l'occupation (l'usage) de la plaine d'inondation reste la même avec et sans projet ; dans ce cas la définition de l'augmentation nette d'activité ne pose pas de problème. Le cas particulier de délocalisation d'une activité est classé dans cette catégorie, et dans ce cas le bénéfice de réduction est réalisé sous condition que la suppression locale de l'activité s'accompagne d'une augmentation nette des activités du même secteur dans la zone d'étude.
2. **Bénéfices dit d'intensification.** Cela désigne le cas où le type d'occupation du sol reste inchangé, mais où l'activité en résultat est intensifiée à cause du projet, le bénéfice est égal à l'augmentation du revenu net généré par l'activité de la plaine d'inondation.
3. **Bénéfice dit de localisation.** Cela désigne le cas où une activité est ajoutée dans la plaine d'inondation à cause du projet, le bénéfice est la différence entre la somme des revenus nets (incluant les rentes économiques) dans l'aire économiquement affectée avec et sans le projet.

### 2.1.2 Les différents scénarios – La distinction avec ou sans projet

Le principe de base, clairement énoncé stipule que le bénéfice d'un projet de réduction des inondations est obtenu par la comparaison des situation (ou scénarios de situation) entre l'état final (avec projet) et l'état initial (sans projet).

Toutefois, un certain nombre de recommandations sont faites, concernant ce qu'il est entendu par la la situation avec projet, ainsi que la situation sans projet.

Les hypothèses de base communes aux deux cas sont les suivantes :

1. **Projets existants.** S'il existe des projets existant de réduction du risque d'inondation, ceux-ci sont considérés comme étant déjà en place pour peu que leur réalisation future soit très vraisemblable et non conditionnée au projet à l'étude. Une attention particulière est donnée à la durée de vie économique restante des structures existantes.
2. **Réglementations.** Dans le cadre du Flood Disaster Protection Act de 1973, ou d'autres textes de lois relatifs à la gestion des plaines d'inondation (Executive Order 11988) et à la protection des zones humides (Executive Order 11990), un certain nombre de réglementation peuvent être soit de mises, soit en cours d'exécution. Dans le cadre spécial du Flood Disaster Act, les réglementations sur l'occupation du sol doivent passer une certification auprès de la Flood Insurance Administration (comportement à rapprocher des procédures françaises de PPRI). Si les réglementations sont certifiées, ou vont l'être vraisemblablement, ces réglementations sont intégrées dans le scénario sans projet. En cas de non présence de réglementations ou de réglementations non certifiées, il est supposé que les juridictions locales adopteront dans un futur proche de telles réglementations conformes au Flood Disaster Protection Act. Ces réglementations seront intégrées dans les scénarios sans projet. Il est adopté la même démarche pour le scénario avec projet, au cas où il reste un risque résiduel. Dans ce dernier cas, toute activité décidant de s'implanter dans la plaine d'inondation, subit les coûts de la protection contre les inondations imposée par les réglementations de façon effective dans les scénarios considérés.
3. **Comportement des individus.** En plus des trois hypothèses précédemment énoncées, il doit être également considéré la vraisemblance que les individus prennent des mesures individuelles de protection contre les inondations, quand le coût de telles mesures est raisonnable comparé aux coûts des inondations.

La situation sans le projet correspond à l'occupation actuelle du sol. Elle doit être modifiées en fonction des projets, politiques ou réglementation en cours de réalisation sous certaines conditions (voir paragraphe sur les hypothèses de base au scénario).

Le scénario avec projet est le scénario le plus plausible d'exister si un projet est entrepris. Il y a bien entendu autant de scénarios avec projet qu'il y a de projets différents. Ces scénarios sont soumis aux mêmes hypothèses de base que le scénario sans projet.

**Influence du projet sur l'occupation du sol future.** Dans la construction du scénario, l'analyste doit être particulièrement sensible à la relation entre l'occupation du sol et les caractéristiques du risque d'inondation telles que spécifiés par le projet étudié. Ce point est certes très ambitieux, mais il est primordial pour une évaluation cohérente et dynamique des projets.

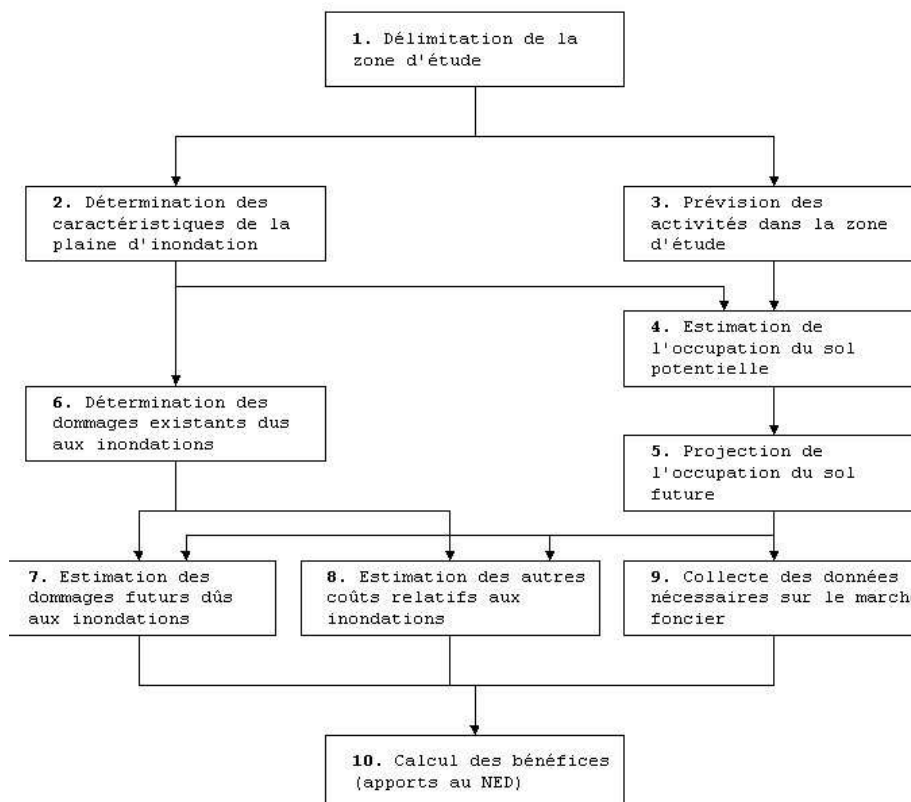
**Type de projets considérés.** Il est clairement stipulé que les projets ne doivent pas être ni uniques, ni centrés sur un seul type de mesures. Les projets peuvent (doivent) considérer tout aussi bien les mesures dites structurelles que non structurelles, éventuellement proposer un combinaison de mesures appartenant aux deux types.

**Timing des projets.** Un des éléments jugés essentiels dans les projets concerne le timing de leur réalisation, notamment lorsque ces projets comprennent une combinaison de mesures et ou d'aménagements. La notion de timing optimal est donc développée et doit être évaluée.

## 2.2 Procédure d'évaluation des bénéfiques

La procédure d'évaluation se décompose de façon conceptuelle en quatre temps, qui sont présentés sous la forme de dix étapes :

1. Délimitation de la zone d'étude ;  
Étape 1
2. Caractérisation de l'occupation du sol ;  
Étape 2 : Détermination des caractéristiques de la plaine d'inondation.  
Étape 3 : Projection des activités dans l'aire d'étude.  
Étape 4 : Estimation de l'occupation du sol potentielle.  
Étape 5 : Projection de l'utilisation du sol
3. Lien entre l'occupation du sol et le risque d'inondation dans une perspective liée au NED  
Étape 6 : Détermination des dommages existant dus aux inondations.  
Étape 7 : Projection des dommages futurs dus aux inondations.  
Étape 8 : Détermination des autres coûts liés à l'occupation de la plaine d'inondation.  
Étape 9 : Collecte des données liées au marché foncier.
4. Calcul (agrégation) des bénéfiques.  
Étape 10



*Procédure d'évaluation des projets de réductions des inondations, étapes préconisées par l'administration fédérale américaine (P&G)*



### 2.3 Détermination de l'aire d'étude

L'aire affectée par un projet donné est constituée de deux parties :

1. la plaine d'inondation où les effets du projet se font sentir ;
2. les aires, plus ou moins proches, susceptibles d'être liées de façon économique avec la réponse au projet des activités dans la plaine d'inondation. Par exemple tout site d'installation potentiel des activités (importantes) qui seraient susceptibles de s'installer dans la plaine d'inondation en cas de réduction suffisante des inondations. Si la plaine d'inondation est majoritairement résidentielle, ces aires peuvent être assez limitées ; si la plaine d'inondation est essentiellement commerciale et fait partie d'une agglomération, il est recommandé d'intégrer l'agglomération entière.

### 2.4 Détermination des caractéristiques de la plaine d'inondation

Les caractéristiques existantes de la plaine d'inondation doivent être déterminées avant même que son occupation ne soit estimée. Un objectif sous-jacent est en effet de préparer les étapes suivantes (étapes 3 et 4) en dressant un inventaire des caractéristiques de la plaine d'inondation qui y rendent l'occupation intéressante ou non.

Les catégories suivantes sont proposées comme guide :

1. **Caractéristiques intrinsèques de la plaine d'inondation.** Ces caractéristiques incluent :
  - Description des inondations. Cette description devrait en toute rigueur inclure les caractéristiques des crues, comme la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement, la durée, la charge solide. Cette description devrait être faite pour différentes fréquences d'occurrences, dont la crue centennale (crue de référence par défaut aux États-Unis), pour des crues historiques, et si possible pour des crues dites extrêmes, c'est-à-dire au delà des observations.
  - Lit majeur, stockage naturel. Il s'agit de la description et délimitation des zones dont l'urbanisation ou la protection (endiguement) pourraient affecter les capacités de stockage naturelle à l'échelle de l'aire d'étude ou les vitesses d'écoulement et donc les caractéristiques des inondations en d'autre point du territoire (dont le territoire hors aire d'étude).
  - Biens naturels, récréatifs, écosystème, zones humides. Il s'agit de reconnaître, jauger voire évaluer le potentiel des sites pouvant servir d'espaces récréatifs, d'espaces verts, de zones humides ou des réserves naturelles.
  - Transport, réseaux. Les plaines d'inondation près de voies navigables sont des zones attractives pour les activités qui nécessitent le transport fluvial. Les plaines d'inondations sont souvent des endroits de prédilection pour la construction des autoroutes, voies ferrées, gazoducs ou oléoducs et autres installations qui sont relativement vulnérables aux inondations mais particulièrement attractives pour les activités.
  - Autres attributs. Ces attributs sont par exemple la fertilité des sols, la disponibilité de la ressource en eau, l'élimination des déchets etc.
2. **Caractéristiques physiques.** Ces caractéristiques désignent les types de terrain, les pentes, le niveau hydrostatique.
3. **Les services disponibles.** La plupart des activités ont besoin de certains voire de tous les services suivants : réseaux de transport (autoroutes, voies ferrées), énergie, traitement des eaux usées, main-d'œuvre et accès au marché. Il s'agit donc d'inventorier la disponibilité de ces services dans ou près de la plaine d'inondation en comparaison avec d'autres zones du territoire d'étude.
4. **Activités existantes.** La description des activités existantes dans la plaine d'inondation proposée se fait plutôt par zone d'aléa et par type d'activité : surface concernée, ainsi que la densité, l'âge et la valeur des structures pour chacune des activités types présentes.

### 2.5 Projection des activités dans l'aire d'étude

Les projections sont basées sur certains indicateurs économiques et démographiques, comme la population, le revenu par individu, la demande pour les loisirs, la production industrielle et commerciale, l'emploi. Cette liste type n'est pas présentée comme exhaustive, elle dépend de l'occupation potentielle de la plaine d'inondation.

Il est proposé d'appuyer les projections sur des tendances observables à une échelle macro-économique, ce qui suppose d'étudier la relation entre les données observées dans la zone d'étude et les tendances sur les échelles plus importantes prises comme référence. Il est bien entendu recommander de consulter les instances locales d'évaluation ou de planification.

En tout état de cause, la base retenue pour ces projections doit être clairement spécifiée dans l'étude.

## 2.6 Estimation de l'occupation potentielle du sol

L'estimation de l'occupation potentielle du sol consiste en la conversion des projections démographiques et économiques précédentes en surfaces occupées par type d'activité.

Les pistes pour estimer ces facteurs de conversion sont la littérature scientifique ou technique traitant du sujet, les études similaires faites des agences dans des zones d'étude similaires ou les données empiriques disponibles sur la zone d'étude.

La finesse de la typologie des catégories de l'occupation potentielle du sol dépend de la précision recherchée pour la description de la vulnérabilité du territoire à l'aléa (étape 6 et 7) et de la précision du calcul des bénéfices du projet.

## 2.7 Projection de l'occupation du sol

Dans cette étape, au vu des données ou estimations collectées dans les étapes 2 à 4, il s'agit de construire un scénario d'occupation du sol sur la zone d'étude (plaine d'inondation plus aires voisines). Un scénario est réalisé par projet à l'étude, ainsi qu'un scénario pour le cas sans projet.

Ce scénario doit être cohérent avec la demande d'occupation du sol, telle qu'elle a été estimée à partir des étapes précédentes (2 à 4) la demande concernant l'occupation du sol. Les deux règles de bases sont les suivantes :

1. Les scénarios d'occupation du sol sont basés sur la comparaison des caractéristiques de la plaine d'inondation, des caractéristiques recherchées par les occupants potentiels et la disponibilité des caractéristiques recherchées dans les zones non inondables de l'aire d'étude.
2. La plaine d'inondation ne devrait pas être utilisée à moins que ses caractéristiques donnent un avantage économique significatif à l'occupant potentiel par rapport à tous les autres sites disponibles dans l'aire d'étude. Si de tels avantages existent, il faut déterminer s'ils compensent les pertes potentielles liées aux inondations, les coûts potentiels de protection et les coûts liés à d'autres aléas. Les coûts et les pertes dus aux inondations devraient être spécifiques à l'aire d'étude considérée (voir étape 6).

Ces hypothèses présupposent donc une certaine rationalité de la part des agents économiques, ainsi qu'une connaissance claire et non équivoques des conditions liées au risque d'inondation.

Il n'est pas clairement stipulé si ces scénarios sont évolutifs ou figés durant la durée caractéristique retenue pour les différents projets.

### Détermination des dommages existants dus aux inondations

Les dommages existants dus aux inondations sont assimilés aux dommages annuels moyens aux activités vulnérables aux inondations, au moment de l'étude.

Ces dommages peuvent être exprimés pour un événement d'une ampleur donnée, une plage d'événements, voire calculés selon un processus fréquentiel sur les dommages. Ils sont exprimés pour une inondation d'une ampleur donnée ou calculés selon un processus fréquentiel.

La base pour la détermination des dommages existants est l'observation des pertes encourues lors d'inondations historiques. Ceci suppose une caractérisation correcte de ces dommages (année du sinistre, saison, zone touchée, type d'activité, type de propriété).

1. Les imprécisions attendues dans la démarche concernent :
2. les données historiques sont souvent incomplètes ;
3. l'urbanisation, l'occupation du sol a évolué entre l'événement historique et le moment de l'étude ;
4. le manque de données hydrologiques locales (problème des stations de mesure).

Pour palier à ces imprécisions attendues, il est conseillé de compléter l'étude attentive des données historiques disponibles par l'utilisation de courbes d'endommagement par zone d'aléa et d'activité, ainsi qu'un inventaire des activités dans la plaine d'inondation.

Les estimations des dommages pour les événements d'ampleur non équivalentes (pas nécessairement supérieures) aux événements historiques sont calculées. L'estimation des dommages annuels moyens procède alors des techniques courantes d'intégration dommages-fréquences.

Le degré d'intégration des dommages dus aux inondations ne doit pas empêcher de distinguer les dommages par type d'activité, ainsi que de distinguer si les dommages sont supportés par la collectivité ou par des particuliers.

## 2.8 Projection des dommages futurs dus aux inondations

Les étapes 3 à 5 doivent permettre pour chacun des projets ainsi que pour le cas sans projet, de dresser des scénarios d'occupation du sol. Dans ces conditions, les dommages dits futurs dus aux inondations sont ceux générés par les activités économiques qui s'implanteraient dans la plaine d'inondation, en accord avec ces scénarios.

Par futur, il est entendu n'importe quelle période après l'année de réalisation du projet. Afin de pouvoir relier les coûts aux bénéfices, les dommages futurs doivent être actualisés à partir de l'année de base, qui est l'année de réalisation du projet.

Les dommages futurs dus aux inondations ne sont pas forcément supportés par les habitants ou activités localisés à l'intérieur de la plaine d'inondation, il faut également tenir compte des transferts possibles à l'ensemble de l'aire d'étude (voire plus) par les biais des subventions aux assurances, déductions taxes pour pertes humaines (particularité du système américain), coûts de l'assistance aux sinistrés, etc.

### 2.8.1 Facteurs importants dont il faut tenir compte pour la projection des dommages

Les différents éléments importants pour une projection fiable des dommages dus aux inondations sont les suivants :

1. **Changements hydrologiques.** Les changements dans l'occupation du sol, à l'échelle du bassin versant, peuvent avoir une influence importante sur les capacités de drainage, et particulièrement sur l'écoulement de surface. Il est préconisé de faire une projection de ces changements du comportement hydrologiques sur la période considérée, mais de ne pas utiliser un comportement moyen sur la période. Le niveau de protection effectif d'un projet peut être en effet significativement différent que le niveau de protection face à ce comportement moyen.
2. **Changements économiques.** Les changements économiques sont supposés impliquer un changement dans le niveau des futurs dommages dus aux inondations. Un ratio de type coût-bénéfice pour l'état existant devrait être calculé. Si ce ratio est supérieur à 1:1, la projection des bénéfices futurs devrait être accomplie sous forme abrégée, à moins qu'il ne fausse la comparaison entre les différents projets ou l'allocation et le partage des coûts dans le cas de projets multi-objectifs. Dans ce dernier cas, le détail et la précision des estimations des bénéfices du contrôle des inondations devraient être comparables à ceux des estimations des bénéfices pour les autres objectifs liés à la ressource en eau.

### 2.8.2 Recommandations pour la projection des différents types de dommages

Pour chacun des types de dommages, des recommandations sont formulées :

1. **Les dommages physiques.** Il est recommandé de baser la mesure et la projection des dommages dus aux inondations sur la construction des relations réelles (observées) entre les dommages, les caractéristiques des inondations et les indicateurs classiquement utilisés pour la mesure et la projection. Les relations devraient en tout état de cause être clarifiées et explicitement posées, leur précision et représentativité soutenues autant que possible par des preuves d'ordre empirique. Ces relations devraient être modifiées en fonction de contraintes qui change la relation historique entre les dommages dus aux inondations et un indicateur donnée. La mesure des dommages physiques futurs dus aux inondations repose sur une modélisation unitaire de l'occupation du sol. Trois étapes sont proposées pour mener à bien cette modélisation et l'estimation des dommages physiques futurs.

a. **Estimation du nombre et de la taille des unités physiques.** Les unités physiques sont recensées à partir des données de l'étape 2. Ce recensement est réalisé pour chacune des activités et pour chacune des zones d'aléas. Les unités physiques recensées en nombre et en taille (superficie). Étant donnée que ce recensement sert à une projection du futur, une attention particulière doit être apportée pour déterminer si les structures existantes continueront à occuper la plaine d'inondation sur la période de l'analyse. Dans le cas contraire, il faut également déterminer l'occupation future du sol et les dommages potentiels des nouvelles structures.

b. **Estimation de la valeur future de ces unités.** Cette étape consiste à évaluer la valeur future des unités. Une augmentation de la valeur des propriétés dans la plaine d'inondation peut venir d'un accroissement des installations existantes ou de la construction de nouvelles unités. Les conseils suivants sont issus de la pratique des agences :

- **Développement existant.** Utiliser les indicateurs régionaux de croissance, comme le revenu individuel, comme base pour l'accroissement de la valeur des biens mobiliers des résidents.
- **Développement futur.** Projeter la valeur des biens à l'intérieur des nouvelles structures à partir de l'année à laquelle chaque unité est ajoutée.
- **Transcription en dommages futurs dus aux inondations.** Utiliser le taux projeté d'accroissement de la valeur des biens des foyers susceptibles d'être inondés comme base pour l'augmentation des

dommages dus aux inondations de chaque unité.

- **Limites.** La valeur des biens ne devrait pas dépasser 75 % de la valeur de la structure des résidences à moins qu'une étude empirique ne prouve une particularité locale. L'augmentation de la valeur des biens des foyers ne devrait pas être projetée au-delà de 50 ans après le projet.
- **Propriété commerciale et industrielle.** La procédure décrite pour les biens résidentiels ne s'applique pas aux biens commerciaux et industriels, qui sont considérées comme des activités.

c. **Détermination de la susceptibilité d'endommagement de ces unités.** Le terme vulnérabilité n'est pas utilisé en tant que tel, mais c'est bien l'idée sous-jacente, la traduction plus directe « susceptibilité d'endommagement » est conservée, parce que le concept de vulnérabilité n'est pas mené jusqu'à son terme. Une fois que le nombre des unités physiques et la valeur associée à chaque unité est connue, les possibles changements futurs de la susceptibilité d'endommagement sont considérés comme une fonction de la valeur totale de l'unité physique et des caractéristiques hydrauliques de l'inondation (vitesse d'écoulement, hauteur d'eau, durée, charge solide, salinité). Parmi les déterminants de la susceptibilité d'endommagement, sont recensés le type d'activité, le développement vertical ou non des structures, la localisation dans la plaine d'inondation, la nature de la protection contre les inondations, les types de matériaux utilisés pour la construction et les réponses des individus aux événements.

2. **Les pertes d'activité.** Il est rappelé que les pertes de revenu sont susceptibles de s'accroître avec la projection de l'occupation du sol. La seule recommandation existante pour ce type de dommage particulièrement difficile à maîtriser est de ne pas baser leur projection future sur l'augmentation des pertes matérielles.

3. **Les coûts de la gestion de crise.** Les coûts de la gestion de crise couvrent une large variété de programmes. Certains comme l'assistance aux sinistrés (logement et alimentation par exemple) sont principalement une fonction de l'occupation de la plaine d'inondation mais pas de la valeur des activités présentes. Une recommandation similaire au cas des pertes d'activité est formulée : les coûts de la gestion de crise ne devraient pas être supposé augmenter comme une fonction directe des pertes matérielles.

### *2.9 Détermination des autres coûts liés à l'occupation de la plaine d'inondation*

L'impact des inondations sur les occupants existants ou futurs de la plaine d'inondation n'est pas limité aux seules pertes physiques ou d'activités ou aux coûts de la gestion de crise.

Un certain nombre d'impacts sont intangibles, mais certains peuvent également être transcrits en perte pour le développement économique national. Parmi ceux-ci, il est recommandé de compter :

1. Les coûts de protection individuels contre les inondations. De grands risques d'inondation conduisent à de grands coûts de protection individuels liés aux inondations. Par conséquent, il est recommandé de calculer ces coûts de protection en fonction des types d'activité ainsi que des différentes zones d'aléa.
2. Coûts de l'assurance nationale contre les inondations (NFIP). Un des coûts au niveau national du NFIP est celui de sa gestion. Les coûts liés aux intérêts des polices d'assurance contre les inondations en effet au moment de l'étude est le coût moyen par police, dont la commission des agents d'assurance, et les coûts liés aux intérêts et aux réclamations. Le FIA doit être contacté pour obtenir ces coûts.
3. Utilisation modifiée des structures existantes. Dans certains cas, le risque d'inondation implique que certaines structures sont utilisées de façon moins efficaces que ce qu'elles pourraient l'être avec un projet réduisant le risque d'inondation. Par exemple, les rez-de-chaussée de certains immeubles peuvent ne pas être loués à cause du risque d'inondation, ou une propriété pourrait être aménagée de façon différente avec ou sans le projet.

### *2.10 Collecte des données liées au marché foncier*

Dans le cas où les scénarios d'occupation du sol associés aux différents projets plus le cas sans projet diffèrent, il faut également calculer la différence de revenus associée au foncier. Les données du marché foncier sont utilisées pour ce calcul, la démarche proposée intègre les recommandations suivantes :

1. **Pour un projet donné, l'occupation du sol est différente du cas sans projet.** Plusieurs méthodologies sont proposées :

a. **Valeurs des terrains comparables hors zone inondable.** Si le projet n'implique pas une augmentation notable de l'offre foncière dans l'aire d'étude, la valeur des terrains nouvellement protégée est considérée comme équivalente à celle des terrains comparables situés hors de la zone inondable. La comparaison avec les terrains hors zone inondable est basée sur des critères autant physiques qu'infrastructuraux. Dans le cas où le projet implique une augmentation significative de l'offre foncière, cet effet doit être pris en compte.

b. **Valeurs d'existence.** Utiliser la valeur des sites voisins dans la plaine d'inondation ou, lorsque c'est approprié, la valeur courante de la plaine d'inondation. Dans les deux cas, rapporter les valeurs courantes, et passées lorsqu'elles sont disponibles, de la plaine d'inondation. Utiliser les valeurs du marché réel, mais pas les

valeurs du revenu capitalisé. Par conséquent, il ne devrait pas être supposé que la valeur d'un terrain utilisé à des fins agricoles dans un site urbain ou en voie d'urbanisation est la valeur capitalisée des rendements agricoles ou que toute valeur supérieure à cela est due à la spéculation sur le fait qu'un projet fédéral est en cours ou à un manque de connaissance. Au contraire, les valeurs des terrains dans le cas sans projet supérieures à celles des terrains agricoles devraient être attendues, ce qui reflète les chances d'un usage futur ainsi que les investissements structurels existants ou anticipés.

c. **Revenu net.** Les revenus nets gagnés grâce à un projet devraient être estimés en lien direct avec l'analyse des l'occupation du sol spécifique au projet. Cette approche devrait être utilisée, par exemple, pour les terrains susceptibles d'être convertis en zone récréative. Les bénéfices récréatifs projetés constitueraient un revenu brut gagné sur la plaine d'inondation et intégrés aux bénéfices du projet.

2. **Pour un projet donné, le type d'occupation du sol est similaire au cas sans projet, mais l'activité est intensifiée.** Dans ce cas, il est recommandé de baser l'augmentation du revenu soit sur l'augmentation de la valeur foncière du terrain, soit sur la calcul direct des coûts et bénéfices de l'intensification d'activité.

3. **Cas particulier d'un projet comprenant une délocalisation d'activité.** Dans le cas où une activité est relocalisée et que l'usage du terrain devient récréatif, il faut tenir compte de la modification éventuelle de la valeur foncière des terrains voisins, en prêtant toutefois une attention toute particulière au double comptage.

4. **Cas particulier où le risque d'inondation entraîne une baisse du marché foncier.** Dans le cas où la valeur du foncier ou des infrastructures est sous-évaluée à cause du degré d'exposition au risque d'inondation, le retour au prix du marché suite aux projets représente une quantification d'un bénéfice qui est intangible autrement. Toutefois, le bénéfice à comptabiliser, pour éviter d'éventuels doubles comptes, ne correspond qu'à la partie due à l'augmentation effective de la protection contre les inondations et non pas des autres facteurs indirectement liés.

5. **Ne pas projeter d'augmentation du foncier.** La dernière recommandation repose sur l'hypothèse que le prix actuel du foncier est censé capturer, en théorie, les bénéfices ou inconvénients des plans de réduction du risque d'inondation.

### 2.11 Calculs des bénéfices

Pour les différents types de bénéfices, un certain nombre de recommandations est formulée :

1. **Bénéfices liés à la réduction des inondations.** Dans la mesure où l'étape 5 montre que l'occupation du sol est la même pour les scénarios avec et sans projet, le bénéfice correspond à la différence entre les dommages entre les scénarios avec et sans projet, plus la réduction des coûts de protection individuelle, plus la réduction des coûts de l'assurance, plus la restauration de certains terrains. Dans la mesure où l'étape 5 montre une différence dans l'occupation du sol (pour un projet comprenant des délocalisations), le bénéfice est la réduction de coûts externalisés de l'occupation de la plaine d'inondation qui sont typiquement payés par les contribuables ou les entreprises dans l'aire d'étude. Des exemples de tels coûts sont les assurances (subventionnées) contre les inondations, les déductions de taxe sur le revenu pour sinistrés, les coûts d'assistance aux sinistrés et les dommages aux infrastructures publiques (réseau de transport, réseau de communication, etc.) La réduction des coûts non supportés par les activités à l'intérieur de la plaine d'inondation peuvent être une source de bénéfices majeurs pour les projets entraînant la suppression ou la délocalisation d'activités. La réduction des dommages dus aux inondations ne devrait pas être considérée comme un bénéfice de tels types de projets, parce qu'ils sont déjà considérés dans le marché foncier dans la plaine d'inondation.

a. **Bénéfices liés à la réduction des coûts de l'assurance.** Une catégorie de coûts qui peut être évitée par un plan de délocalisation est la compensation publique pour les dommages privés liés aux inondations par le biais des subventions propres au NFIP. Considérés la réduction de ces coûts externalisés comme un bénéfice au projet est pertinent pour les propriétés des collectivités qui participent au programme, ou qui ont supposées y participer dans le scénario sans projet. Ce bénéfice est la réduction des dommages assurés dus aux inondations projetés sur la durée de vie du projet, avec une attention particulière à porter aux dommages projetés pour le scénario sans projet.

b. **Dommages assurés dus aux inondations.** Pour le calcul de ce type de bénéfice, il est recommandé de supposer que tous les agents éligibles contractent effectivement une assurance subventionnée. Cette hypothèse est justifiée par le fait que la valeur marchande des propriétés, qui détermine le coût du projet, reflètent la disponibilité du programme d'assurance mais pas son degré d'utilisation par les résidents de la plaine d'inondation. Il est recommandé de baser la projection des dommages assurés dus aux inondations sur les relations de type hauteur-dommage-fréquence, utilisées pour la projection des dommages totaux. Il faut ensuite retrancher aux dommages totaux.

- i. les pertes qui sont clairement classées dans les pertes non assurables ;
- ii. les pertes qui sont en excès de la couverture proposée par l'assurance ;
- iii. la partie déductible de chaque événement de dommages moyens dus aux inondations ;

iv. le coût annuel de la prime d'assurance payé par les preneurs d'assurance.

**2. Bénéfices liés à l'intensification.** Au cas où la projection de l'occupation du sol montre que l'occupation du sol reste inchangée entre les scénarios avec et sans projet, mais que l'activité est intensifiée avec le projet, les bénéfices peuvent être calculés des deux façons suivantes, en prêtant une attention particulière au double comptage :

- a. augmentation de la valeur du foncier (étape 9) ;
- b. changement dans les revenus d'après le calcul de l'étape 6.

**3. Bénéfices liés à la délocalisation.** Au cas où la projection de l'occupation du sol montre que l'occupation du sol est différente avec et sans projet, l'aire de calcul comprend la plaine d'inondation ainsi que des terrains adjacents, dans le cas où par exemple le projet crée des espaces ouverts ou récréatifs. Les bénéfices peuvent être calculés par les mêmes méthodes :

- a. augmentation de la valeur du foncier (étape 9) ;
- b. changement dans les revenus d'après le calcul de l'étape 6.

### 3 – Conclusions

La démarche d'évaluation est très bien établie et encadrée aux Etats-Unis. A l'instar du cas de la Grande-Bretagne, elle repose sur un guide donnant explicitement les étapes de l'évaluation, les sources des données à utiliser. Elle repose également sur une pratique somme toute centralisée ou un organisme fédérateur, la FEMA utilise comme levier les bénéfices qu'apportent aux collectivités l'adhésion au NFIP (système d'assurance essentiellement, possibilité de subvention des projets de mitigation) pour imposer une pratique d'évaluation poussée et généralisée. Le rôle également central de l'USACE en ce qui concerne la réalisation des aménagements de mitigation, l'imposition qui a été faite à cet organisme depuis 1936 d'évaluer dans une logique coûts-bénéfices les projets dont il était en charge ont permis de dégager une approche cohérente à l'échelle de la nation américaine.

Ce constat est potentiellement plein de leçons pour la France, notamment en ce qui concerne l'efficacité de donner la responsabilité à un organisme identifié la mise au point d'une démarche d'évaluation, la nécessité d'inscrire cette évaluation dans un contexte plus global tel que les décideurs locaux voient comme un bénéfice de procéder à cette évaluation. Toutefois, force est de constater que la transposition de ces deux leçons principales au cas de la France ne peut s'imaginer sans un changement assez important de la politique de gestion des risques d'inondation. Il semble en effet inconcevable, dans la logique américaine exposée dans cette partie, que des projets d'aménagements puissent être subventionnés par l'état français sans qu'en contre-partie la justification économique de ces projets soit établie.

## CHAPITRE V : LA SITUATION EN ALLEMAGNE

### 1 – Bref retour sur la politique de gestion des risques d'inondation

En Allemagne, le règlement de la prévention des inondations est selon la Constitution du devoir des Länder. Sont compétents, selon les règlements sur l'eau du Land, les Länder, les Landkreise, les villes ou les communes. Cette obligation peut, pour quelques Länder, être supportée par un tiers (associations). Selon les articles 7, 8 et 12 de la Bundeswasserstrassengesetz, le Bund n'est concerné que par des devoirs indirects pour la protection contre les inondations.

#### 1.1 Typologie des gestions allemandes des inondations

Les gestions du risque d'inondation en Allemagne peuvent être très différentes d'un Land à l'autre. Elles sont essentiellement organisées dans chaque Land par deux lois : la loi du Land sur l'eau et la loi du Land relative à la protection contre l'incendie, aux secours et à la protection contre les catastrophes. C'est pourquoi, on peut observer que deux types d'administrations interviennent dans la gestion des inondations en Allemagne : les autorités de l'eau et les autorités de protection contre les catastrophes. Selon les Länder, les différentes compétences sont dévolues à des administrations différentes qui ont été désignées comme autorités supérieures, inférieures... de l'eau ou de protection contre les catastrophes. Dans le tableau suivant, on retrouve cette hiérarchie des autorités pour quatre Länder différents (Berland).

Land	Oberste Wasserbehörde	Hohere Wasserbehörde	Untere Wasserbehörde	Agences techniques
Baden-Württemberg	Ministère de l'Environnement avec département de l'eau	Regierungspräsidien à Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg, et Tübingen	44 districts urbains et ruraux (Stadtkreise et Landkreise)	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 17 autorités de gestion de l'eau Wasserwirtschaftsämter
N-R Westphalie	Ministère de l'environnement qui supervise entre autres les sondergesetzliche Wasseverbände	5 Regierungspräsidenten (gouvernements régionaux) à Cologne, Arnsberg, Detmold, Düsseldorf, Münster. En charge de procédures importantes de gestion de l'eau et supervisent les associations-eau Landesumweltamt à Essen.	54 Kreise et villes indépendantes (kreisfreie Städte)	12 Staatliche Umweltämter, agences techniques, supervisées par les gouvernements régionaux. Ont quelques fonctions des autorités inférieures.
Sachsen	Ministère de l'environnement	Gouvernements régionaux	54 districts ruraux et villes	5 Staatliche Umweltfachämter. Landesamt für Umwelt und Geologie, agence technique du Ministère de l'environnement
Schleswig-Holstein	Ministère de la nature et de l'environnement	Agence pour gestion de l'eau et côtes du Land	11 conseils de districts (Landräte) et 5 maires de villes indépendantes. Les Landräte supervisent les municipalités à l'intérieur de leur district, les Wasser- und Bosseverbände et les Zweckverbände.	6 Ämter für Land- und Wasserwirtschaft sous la supervision du Ministère de l'alimentation et de l'agriculture

Cinq grands cours d'eau présentent des risques de grande crue en Allemagne : il s'agit du Rhin, du Danube, du Neckar, de la Moselle, de l'Oder. Sont donc concernés par le risque inondation les Länder traversés par ces fleuves et rivières, soit pour les plus grands risques : la Bavière (Bayern), la Rhénanie du nord-Westphalie (Nord-Rhein-Westfalen) le Baden-Wurtemberg, la Rhénanie-Palatinat. Les autres Länder, notamment le Schleswig-Holstein, le Mecklenburg-Vorpommern et Berlin sont relativement à l'abri d'événements catastrophiques Ces différences d'exposition au risque influencent les organisations de la gestion des éventuelles inondations.

Par exemple, cela explique la mise sous tutelle de certains services. Ainsi les agences techniques du Land Schleswig-Holstein sont sous la tutelle du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation plutôt que sous la tutelle du Ministère de l'environnement qui est pourtant l'autorité supérieure de l'eau. La problématique inondation n'étant pas très importante un tel croisement dans la structure administrative n'est pas handicapant. En outre, dans ce

Land Ä 1 économie agricole développée où les inondations sont rares, les questions techniques soumises aux agences sont plus d'ordre agro-alimentaire que hydromorphologique.

De même, la faiblesse du risque inondation explique l'absence dans quelques Länder de préparations spécifiques de la population (Berlin) et explique pourquoi, dans d'autres la surveillance des eaux est à la charge des communes (Hessen, Mecklenburg-Vorpommern,). Il n'est pas prévu non plus de services particuliers de surveillance des crues à Berlin.

### *1.2 Les nouvelles orientations*

En 1995, un travail commun entre les instances en charge de la gestion de l'eau et celle de l'aménagement du territoire sur la prévention des inondations débute. Les principes légaux ont été améliorés. La nouvelle loi fédérale « d'approvisionnement en eau » de 1998 exige un renforcement de la protection contre les inondations et depuis l'amendement du 1er janvier 1998 de la loi fédérale d'aménagement du territoire., la protection préventive contre les inondations est un principe de l'aménagement du territoire : « Pour la protection préventive contre les crues, on doit se soucier du maintien et de la reconquête des prairies, zones d'expansion des crues et domaines d'inondation (Überschwemmungsbereiche) » (Art 2 n°8 ROG). Les planifications du Land et régionale doivent prendre en compte la protection contre les inondations en la faisant figurer comme principes ou buts des plans d'aménagement du territoire. Les plans régionaux doivent montrer comment la protection préventive contre les inondations sera réalisée en détail. Dans les recommandations d'action de la conférence des ministres de l'aménagement du territoire du 14 juin 2000, les zones d'affectation prioritaire et réservée sont présentées comme les instruments privilégiés de la prévention des inondations. Elles sont utilisées dans les plans régionaux. Il a été décidé que la base de la protection assurée par l'aménagement du territoire devait être au moins une crue centennale. Pour des fleuves plus importants avec des vallées très urbanisées comme le Rhin, au vu du potentiel de dommages, une protection pour des crues bicentennales est l'objectif.

### *1.3 La question de l'assurance.*

En Allemagne, depuis 1993, il est proposé sur l'ensemble du pays des garanties sur les dommages des catastrophes naturelles qui peuvent être achetées en sus. En réalité, peu de particuliers ou d'entreprises les souscrivent. Le marché est libre : les conditions d'assurance ne sont pas réglementées (SCOR). L'assurance catastrophe naturelle est très peu développée. Les prix pratiqués par les assureurs aux individus réellement exposés sont prohibitifs et les assureurs peuvent refuser de couvrir les personnes résidant en zones de risques élevés. Le Bund et les Länder peuvent intervenir pour accorder des prêts ou des subventions aux personnes ou entreprises sinistrées mais l'accent est surtout mis sur la prévention.

## **2 – Les pratiques d'évaluation économique en Allemagne**

### *2.1 Le rôle des études économiques*

En Allemagne, l'évaluation des impacts socio-économiques est devenue une composante des décisions de projet au début des années 1970. Une loi relative à la révision des budgets du gouvernement fédéral et des Länder, 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 s'est étendue au domaine des inondations dès cette époque.

Les méthodologies d'évaluation des dommages dus aux inondations, fortement influencées par les expériences anglaises et américaines, se sont développées dans un contexte de restriction budgétaire. Focalisées sur l'analyse Coûts/Bénéfices, les premières évaluations ont été réalisées dans le but de définir des stratégies de gestion du risque d'inondation (hiérarchisation des actions de lutte contre les inondations). Par la suite, des approches permettant de minimiser les conflits entre les objectifs économiques et écologiques ont été mises au point, pour répondre aux préoccupations de développement durable des zones inondables.

En Allemagne, les analyses des impacts socio-économiques des inondations jouent un rôle important dans la gestion de ce risque. Aujourd'hui, de telles évaluations sont conduites principalement dans trois domaines :

- la protection contre les inondations côtières (optimiser la planification des projets, analyser la vulnérabilité face aux inondations en regard des impacts dus au changement climatique) ;
- la protection contre les inondations sur les grands fleuves (Rhin, Danube) ;
- la planification, à une échelle locale, de l'implantation des activités économiques.



Les investigations majeures en matière d'évaluation sont le fait de "joint ventures" entre des universités et des bureaux d'études. Actuellement, 5 universités et 3 bureaux d'études travaillent dans ces domaines. Par ailleurs, les analyses Coûts/Bénéfices constituent un marché particulier qui mobilise une dizaine de bureaux d'études.

Deux groupes de travail nationaux, jouant un rôle fondamental dans ce champ de recherche appliquée, doivent également être mentionnés.

Le premier groupe, nommé "Project Planning and Assessment Procedures", dépend de la "German Association for Water Resources and Land Improvement". En 1985, il a publié un guide méthodologique consacré à l'évaluation économique des politiques de lutte contre les inondations. Depuis, il s'intéresse au développement des approches multicritères intégrant des composantes non monétaires, avec un lien fort vis-à-vis des impacts environnementaux.

Le second groupe de travail, intitulé "Cost-Benefit in Water Management", existe depuis 1974. Il s'inscrit dans un cadre de coopération entre les 16 ministères fédéraux responsables de la gestion de l'eau et de la réglementation en la matière. Dans le domaine de l'évaluation des impacts des inondations, ce groupe a défini des normes de référence pour le recueil des données, développé une base de données et mis au point des procédures permettant de générer des fonctions d'endommagement pour une large palette de type d'occupation des sols.

## 2.2 Les méthodes mises en œuvre

En Allemagne, on distingue deux types de méthode d'évaluation économique du risque d'inondation, en fonction de l'échelle d'investigation considérée :

- l'analyse microéconomique qui s'intéresse à la planification locale ;
- l'approche à moyenne échelle qui est appliquée aux linéaires des fleuves, aux bassins versants hydrographiques et aux plaines côtières.

Entre les deux approches, il existe des différences concernant les sources d'information utilisées, les modes de traitement des données et la précision des résultats.

Elles ont cependant en commun de déterminer les conséquences d'inondation au regard :

- de la santé des sinistrés (non exprimée en termes monétaires) ;
- des dommages aux activités, aux collectivités et aux biens des individus ;
- des conséquences culturelles et environnementales (non exprimées en termes monétaires) ;
- des coûts des mesures de secours.

**L'analyse microéconomique** utilise trois types de données différentes : l'occupation des sols, le calcul des paramètres hydrauliques et les dommages potentiels en fonction des modes d'occupation des sols.

En matière d'occupation des sols, c'est la plus petite entité spatiale, officiellement disponible dans les bases de données nationales relatives à l'occupation du sol, qui doit être utilisées (Flurstücke). Les bases fournissent trois caractéristiques importantes pour le calcul des dommages : la localisation, la taille et le type d'utilisation du sol de cette entité spatiale. On trouve en moyenne (cela varie d'une région à l'autre) 35 types différents d'utilisation du sol.

Les données relatives aux dommages potentiels sont issues de deux approches. Soit on utilise une base de données standard (HOWAS, base utilisée par exemple pour les études de dommage sur le Rhin, voir chapitre suivant) fournissant des courbes « montants des dommages – hauteur de submersions ». Soit les opérateurs doivent mettre au point des courbes spécifiques au contexte local, ce qui est en général long et coûteux.

Les calculs de dommage sont réalisés pour différents scénarios de crue et l'intégral de la fonction « fréquence des crues / montant des dommages » permet de calculer le **coût moyen annuel**.

**L'approche à moyenne échelle**, pour laquelle une démarche unité par unité (logement, entreprise, etc.) ne peut être mise en œuvre, consiste à exploiter des sources de données statistiques existantes et à les adapter à la problématique du calcul des impacts de l'inondation.

En Allemagne, le **retour d'expérience** joue un rôle très important dans les démarches d'évaluation des impacts, tout particulièrement dans la constitution de bases de données sur les dommages. La première tentative de constituer une telle base de données à l'échelle nationale date des années 70. Elle est considérée comme un échec relatif, notamment parce que le questionnaire élaboré nécessitait un investissement important de la part des services chargés de le remplir (un parallèle peut être fait avec une tentative similaire en France à la même époque). Mais, à l'inverse de la France, l'Allemagne tira les enseignements de cet échec et une nouvelle approche fut mise au point, basée notamment sur des instructions de collecte plus précises. Depuis, des campagnes de recueil d'information sont lancées régulièrement sur des secteurs sinistrés. Elles sont confiées au groupe déjà cité « Cost-Benefit in Water Management ».

### 3 – Le Plan d'action contre les inondations sur le Rhin

Le 22 janvier 1998, la 12<sup>ème</sup> Conférence ministérielle sur le Rhin a adopté à Rotterdam le 'Plan d'action contre les inondations', qui a été doté d'une enveloppe financière de 12 milliards d'Ecus. Ce Plan d'action, dont l'objectif est de promouvoir les mesures préventives de protection contre les inondations, doit être réalisé dans le courant des vingt prochaines années.

Le Plan d'action contre les inondations a pour objectifs principaux de réduire les risques de dommage de 10 % d'ici 2005 et de 25 % d'ici 2020 ainsi que d'abaisser le niveau des crues extrêmes en aval du Rhin supérieur régulé jusqu'à 30 cm d'ici 2005 et jusqu'à 70 cm d'ici 2020. Pour que ces objectifs ambitieux puissent être atteints, il est indispensable que tous les acteurs engagés dans la protection contre les inondations coopèrent étroitement. L'approche sectorielle appliquée jusqu'à présent doit faire place à une approche et des actions globales à l'échelon local, régional, national et international. Cet appel s'adresse en première ligne aux domaines politiques de la gestion des eaux, de l'aménagement du territoire, de la protection de la nature, de l'agriculture et de la sylviculture.

#### 3.1 La réalisation d'un atlas des risques

Depuis un siècle et demi, l'amélioration constante des moyens de protection contre les inondations et l'urbanisation croissante de la vallée du Rhin ont fait que la conscience du risque de vivre sur des surfaces susceptibles d'être inondées s'est fortement relâchée chez les riverains. Et pourtant, l'évacuation préventive aux Pays-Bas de populations menacées par la crue de janvier 1995 et les nombreuses ruptures de digues survenues sur l'Oder à l'été 1997, sur le Danube en 1999 et sur la Weichsel à l'été 2001 ont brutalement rappelé que les éléments naturels ne se laissent pas dominer et qu'on ne pouvait écarter le risque de crues plus importantes que celles observées jusqu'à présent ni la submersion ou la défaillance des ouvrages hydrauliques de protection. Un risque résiduel d'inondation reste latent.

Dans le cadre du plan d'action, il a donc été décidé de réaliser un atlas ayant pour objectif de sensibiliser les personnes touchées à l'existence de ce risque résiduel le long du Rhin ou dans sa vallée. Il est partie intégrante du Plan d'action contre les inondations et complète donc l'Atlas du Rhin - Ecologie et protection contre les inondations - publié en 1998, qui rassemble sous forme cartographique les zones inondables et les zones d'intérêt écologique dans la vallée du Rhin.

Le nouvel atlas du Rhin met en évidence les surfaces potentiellement touchées par les inondations et les dommages qui pourraient en découler. Il constitue ainsi une base de données et de mesures pour le premier et pour le troisième objectif opérationnel du Plan d'action contre les inondations en cours de réalisation. L'atlas invite à prendre en considération des mesures complémentaires susceptibles de contribuer à réduire le risque résiduel d'inondation.

Les cartes des aléas d'inondation (cartes de base), qui font ressortir par un effet de dégradé de bleu les profondeurs d'eau possibles en situation de crues montrent l'exposition potentielle des biens et des personnes. Estimés à partir des usages actuels, les dommages potentiels émanant de ces situations extrêmes figurent quant à eux sur une feuille (de couverture) transparente. Deux cas sont à distinguer:

#### Les zones jouissant d'un haut niveau de protection

Dans ces zones, les inondations sont surtout concevables en relation avec des ruptures de digues, ce qui explique pourquoi les surfaces touchées par une crue restent le plus souvent restreintes. Ce cas de figure concerne notamment le Rhin Supérieur, le Rhin Inférieur et le Delta du Rhin. Ainsi le niveau de protection existant sur le Rhin Supérieur entre Bâle et Iffezheim correspond à une crue de retour de mille ans. Dans le Delta du Rhin, on jouit même d'un niveau de protection contre des crues de retour de 1250 à 10 000 ans. Comme il est impossible de prévoir les endroits où une digue est susceptible de rompre, au niveau de la représentation du risque potentiel, on est tenu de considérer l'ensemble des surfaces situées au-dessous du niveau des eaux fluviales comme exposées aux aléas d'inondation ce qui équivaut à une hypothèse supposant une protection des digues inopérante. Cette hypothèse est globalement très improbable (seules des ruptures localisées de digues sont en fait envisageables). Une telle représentation, tant pour les cartes des aléas d'inondation que pour les cartes des dommages, s'efforce en fait de mettre en relief la situation la plus défavorable pour chaque surface partielle considérée et correspond donc à l'enveloppe de plusieurs événements extrêmes. Elle montre par conséquent l'effet protecteur des digues.

#### Les zones non protégées ou peu protégées

En cas de crues extrêmes, toutes les surfaces basses situées le long d'un grand tronçon fluvial sont touchées. C'est largement le cas pour le haut Rhin et le Rhin moyen. Dans ces tronçons fluviaux, les surfaces représentées peuvent être inondées par « une » crue, alors que l'inondation des surfaces endiguées n'est vraisemblable qu'à un niveau local.

A noter que comme l'évaluation financière est sujette à un facteur d'incertitude très important, la représentation se limite à des ordres de grandeur. L'échelle grossière au 1/100.000ème n'est pas adaptée à la planification de projets locaux mais est cependant suffisante pour la représentation générale souhaitée.

Une importance particulière a été accordée à la représentation des conséquences d'éventuelles crues extrêmes. Pour des événements de ce type, les profondeurs d'inondation envisageables ont été mentionnées. En revanche pour les événements comparativement plus fréquents, comme les crues décennales ou centennales seules les surfaces touchées ont été indiquées. En effet, les dommages menaçant les ressources vitales des riverains émanent d'événements très rares, c'est-à-dire en cas de dépassement de la crête de la digue par les hautes eaux ou de rupture de digue sous la pression prolongée des eaux. Pour chaque point indiqué, on notera que les profondeurs d'inondation signalées dans l'atlas correspondent au pire des cas, sachant qu'une crue donnée ne peut concerner toutes les surfaces représentées le long du Rhin, car toute inondation en amont atténuée, par un effet de stockage et d'écrêtement, l'impact des crues plus en aval et rend l'inondation plus improbable.

L'atlas du Rhin ne montre donc pas la situation d'inondation que l'on obtiendrait si survenait une crue donnée sur l'ensemble du Rhin. Au contraire, les cartes de l'atlas constituent la synthèse de nombreuses crues envisageables mettant en relief pour chaque point indiqué la situation d'inondation la plus défavorable et, par là même, le danger individuel et non le danger général. Cette approche globale est une hypothèse statique qui ne tient pas compte des facteurs liés au temps.

### 3.2 Les cartes des dommages potentiels

#### 3.2.1 Le contenu des cartes

Les cartes des dommages potentiels doivent faire ressortir, pour des profondeurs d'inondation données, les endroits où sont menacés des biens de valeur importants. Elles fournissent donc des indications sur les conséquences potentielles des inondations. L'importance des dommages étant fortement corrélée avec la profondeur d'inondation, les cartes des dommages potentiels se présentent sous forme de transparents permettant d'identifier aisément et simultanément l'aléa (niveau d'eau) et les dommages potentiels.

Le point concernant le danger auquel sont exposées les personnes, qui devrait normalement figurer dans le présent chapitre, a été intégré pour des raisons de clarté dans les cartes de l'aléa d'inondation.

Pour représenter les dommages potentiels, on fait la différence entre:

- **Personnes touchées** : Indépendamment du niveau d'eau en présence, cette catégorie englobe tous les habitants se trouvant dans la zone susceptible d'être inondée.
- **Personnes menacées** : Cette catégorie est un sous-ensemble de la catégorie des personnes touchées et englobe tous les habitants se trouvant dans des zones bâties inondées par plus de deux mètres d'eau.
- **Biens de valeur** : Pour les dommages potentiels, une première distinction en fonction des types d'usage (agriculture, industrie et habitat) et ensuite seulement en fonction de l'ampleur des dommages a été opérée, car les personnes touchées sont celles qui doivent réagir. On s'emploie donc à faire ressortir qui est touché et dans quelle mesure, en évitant de faire disparaître sous un seul total les montants imputables aux différents secteurs.

L'atlas fait apparaître:

- **en jaune** : les dommages exprimés en baisse de rendement agricole. Ils sont nettement inférieurs à ceux observés dans d'autres secteurs.
- **en violet** : les dommages constatés sur des surfaces industrielles, commerciales et de trafic (supérieurs et inférieurs à 25 euros/m<sup>2</sup>). La représentation distincte des zones industrielles est justifiée par les risques environnementaux souvent non quantifiables émanant de ces surfaces.
- **en rouge** : les dommages causés dans les zones habitées (supérieurs et inférieurs à 50 euros/m<sup>2</sup>). Dans les zones habitées, les dommages n'englobent pas seulement les biens privés, mais aussi le commerce et les services, les bâtiments publics et une partie des infrastructures de trafic et des PME. une telle procédure est nécessaire, ces types d'usages étant très mélangés. Les différentes densités de population sont prises en compte en fonction du nombre d'habitants par 1000 m<sup>2</sup>.

#### 3.2.2 Le calcul des dommages potentiels

Les dommages pouvant survenir en cas de crues extrêmes sont calculés selon les étapes suivantes:

1. Détermination des usages dans les surfaces soumises à l'aléa d'inondation
2. Détermination des personnes touchées et des personnes menacées au niveau des surfaces inondables
3. Détermination des biens et des valeurs regroupés dans les surfaces inondables

4. Identification des dommages potentiels à partir des biens en présence et à l'aide d'une fonction de dommage subordonnée à la profondeur d'inondation.

Vue l'étendue des surfaces et l'échelle de représentation générale, il a fallu procéder pour chacun de ces volets aux simplifications décrites ci-dessous.

#### Détermination de l'occupation des sols

Ce travail se base sur les données CORINE établies de manière homogène pour toute l'Europe. Les 44 types d'occupation des sols ont été regroupés en 6 catégories d'usages en fonction de leur pertinence pour l'identification des dommages (habitat, industrie, trafic, agriculture, forêts et autres surfaces). La représentation à l'échelle européenne conduit à une généralisation, ce qui explique pourquoi ne sont représentées que les surfaces supérieures à 25 ha. Il en résulte que les structures linéaires (p.ex. les routes, les voies ferrées, les cours d'eau et les petites agglomérations longeant les routes) sont négligées.

L'intégration des usages sur de petites surfaces, notamment le trafic, dans de plus grandes catégories d'occupation des sols, rendue indispensable par la généralisation, sera compensée dans le calcul des dommages par un transfert analogue des valeurs dans ces classes.

#### Détermination des personnes touchées et menacées

Le nombre d'habitants est disponible par commune pour l'ensemble de la zone considérée. On a réparti régulièrement ces chiffres sur les surfaces habitées CORINE afin d'obtenir une densité démographique moyenne par commune. En superposant les surfaces inondables et les surfaces habitées, on peut alors déterminer par commune le nombre d'habitants touchés. Etant donné que les victimes sont rares lorsque le niveau d'eau ne dépasse pas 2 m et que ces cas sont dus uniquement à l'imprudence, la limite entre personnes menacées et personnes touchées par l'inondation a été fixée à cette profondeur d'eau. Dans ces conditions, le nombre de victimes probables n'a pas été estimé, étant donné d'une part que les bases de cette détermination ne sont pas assez fiables et d'autre part que la tâche visant à assurer la sécurité de tous reste la même, quelle que soit la probabilité.

L'hétérogénéité des données empêche de déterminer le nombre de personnes travaillant dans ces zones et susceptibles d'être touchés. Les recensements des Länder et des Etats ont été établis à des époques différentes. Ils sont structurés différemment et ne peuvent pas toujours être rapportés aux communes concernées. En cas d'inondations à grande échelle, une partie des personnes, difficile à déterminer, qui travaille dans ces zones habite également dans la zone inondable. On a donc renoncé ici à déterminer un chiffre pour éviter tout double compte.

#### Détermination des biens touchés

Dans le cadre de recensements à grande échelle, il n'est pas possible de déterminer les objets touchés (p.ex. le nombre des bâtiments, le nombre de km de route). Il faut donc déterminer des valeurs moyennes par catégorie d'usage. Pour les Länder allemands Bade-Wurtemberg, Hesse, Rhénanie-Palatinat et Rhénanie-du-Nord-Westphalie, on a tiré des statistiques économiques la valeur totale des biens existants et on a réparti cette valeur entre les catégories d'usage en faisant la distinction entre investissements en biens immobiliers et investissements en biens mobiliers (équipement ménager, stocks, équipement divers, machines). Ces données n'étant disponibles que pour les Länder fédéraux allemands, on a décidé, pour les autres pays concernés, d'ajuster les valeurs en leur attribuant des facteurs nationaux spécifiques. Ceux-ci ont été déterminés pour l'habitat à partir du pouvoir d'achat et pour le secteur économique à partir du produit national brut. Ont ainsi été obtenues pour chacune des catégories d'usage des valeurs moyennes par unité de surface pour un Etat donné. Une adaptation supplémentaire a ensuite été effectuée par commune en fonction du nombre d'habitants par hectare de surface habitée pour prendre en compte l'impact de la densité urbaine sur la concentration des valeurs.

#### Détermination des dommages matériels

La destruction des valeurs rassemblées sur une surface donnée n'est totale que dans le cas de profondeurs d'eau extrêmement importantes. En règle générale, il existe une relation de dépendance entre la profondeur d'eau et le degré d'endommagement, c'est-à-dire le pourcentage de dommage chiffré mathématiquement à l'aide de fonctions dites fonctions de dommage. Pour les différents bâtiments et biens, un certain nombre de ces fonctions ont été retenues dont les résultats peuvent toutefois varier dans une marge assez large. Dans le cas de la présente étude, il a fallu ajuster les fonctions de dommage aux catégories d'usages sélectionnées et aux montants globaux indiqués pour les valeurs. Pour les bâtiments, il a été admis que la fonction reste la même, indépendamment de l'utilisation. Pour les zones d'habitat, dont la valeur globale est un mélange de commerce et de services, d'habitat, d'unités administratives et d'équipement, ceci signifie que l'on peut partir d'une fonction de dommage uniforme

pour le capital immobilier (bâtiment). Au sein d'une zone d'habitat, il a donc fallu distinguer pour chaque branche économique les différentes fonctions de dommage pour les biens mobiliers (équipement ménager, meubles, équipement divers, stocks). Une fonction mixte a été constituée à partir des différentes fonctions (60% logement, 35% économie et 5% biens publics). Les liens utilisés sont regroupés en annexe et se fondent sur les données de la banque HOWAS, des études néerlandaises, des entretiens entre experts et les expériences du consortium d'études chargé de la réalisation du présent atlas. Le tableau de la page suivante donne un exemple de ces valeurs utilisées aux Pays-Bas (in « Critères pour la détermination et la représentation de cartes mettant en évidence les aléas inondation et les risques de dommages », Commission internationale pour la Protection du Rhin, mars 2000).

A partir des cartes de l'aléa d'inondation et des valeurs obtenues après ajustement communal spécifique pour chaque catégorie d'usages de la banque de données CORINE, un quadrillage de données indiquant la profondeur d'inondation et les valeurs rassemblées dans des cellules de 1000 m<sup>2</sup> (L = 31,62 m). En appliquant les fonctions de dommage, on obtient alors les dommages potentiels dans une cellule.

Si l'on procède à une **comparaison** avec des **estimations de dommages réalisées à une époque antérieure**, on doit garder à l'esprit que la présente détermination des dommages n'englobe pas certains aspects pouvant donner lieu à des écarts importants par rapports à d'autres recensements. Il s'agit plus spécifiquement des aspects suivants :

- La valeur de remplacement (valeur à l'état neuf) n'est pas prise en compte: On se réfère à la valeur actuelle au prix du marché, ce qui donne lieu à de grandes différences lorsqu'on compare avec les informations des assurances, qui elles se fondent sur la valeur à l'état neuf. Ces différences peuvent être de l'ordre d'un facteur 2.
- Les interruptions et pertes d'exploitation ne sont pas prises en compte: Pour le commerce et les services, les PME et l'industrie, ce type de dommage est souvent plus important que les dommages matériels subis. Dans la documentation sur ce type de sinistres, on relève que les dommages dus à des interruptions et pertes d'exploitation peuvent dépasser les dommages directs d'un facteur 1 à 4. Si ces pertes n'ont pas été comptabilisées, la raison en est qu'en situation d'inondation à grande échelle, des entreprises qui ne sont pas directement touchées peuvent également subir des dommages dus aux interruptions d'exploitation.
- Les dommages occasionnés aux véhicules ne sont pas pris en compte: Ils peuvent représenter 2 à 7 % de la somme totale des dommages.
- Les coûts de la lutte contre les risques majeurs et de l'intervention des pompiers et des équipes de secours ne sont pas pris en compte. Les inondations importantes survenues en Allemagne sur l'Oder en 1997 ou en 1995 aux Pays-Bas sur le Rhin ont contraint à des coûts d'intervention de plusieurs centaines de millions d'euros.
- Les dommages occasionnés aux ouvrages de protection contre les inondations ne sont pas pris en compte ni les coûts consécutifs de leur réparation ou consolidation. Il a été constaté que les dommages subis par les dispositifs de protection représentaient souvent 30 % des dommages totaux et pouvaient dépasser les dommages privés. Ils sont cependant difficiles à estimer, notamment lorsque de nouveaux ouvrages s'imposent.
- Les mesures susceptibles de réduire les dommages ne sont pas prises en compte.
- Les dommages subis par l'agriculture se limitent aux pertes de rendement sans prise en compte des cultures intensives et de la dégradation des infrastructures agricoles, ces usages particuliers n'étant pas signalés à part dans la banque de données CORINE.

**Annexe 3: Principaux groupes d'occupation des sols en relation avec les catégories d'occupation des sols du CBS (bureau central des statistiques) pour les Pays-Bas**

Groupe principal d'occupation des sols	Groupe d'occupation des sols	Comprend les catégories d'occupation des sols suivantes :	Valeur économique maximale par ha (estimation grossière)
A. Zone d'habitation (Centres urbains)	1. Zone d'habitation	a. Zone d'habitation	kf 1.500 – kf 7.500
B. Secteur industriel	1. Industries et entreprises	a. Extraction de matières premières b. Sites d'entreprises c. Secteur Prestation de services d. Organismes publics divers e. Etablissements socio-culturels f. Serres horticoles	kf 500 kf 500 (extensif) à kf 7.500 - kf 43.000 (dense) kf 500 kf 500 kf 500 kf 500
C. Agriculture et sylviculture	1. Agriculture	a. Autres exploitations agricoles	kf 2
D. Infrastructures	1. Infrastructures	a. Voies de chemin de fer, de tramway et de métro b. Routes asphaltées c. Chemins de terre ou semi-asphaltés d. Aéroports	kf 200 kf 200 kf 200 kf 200
E. Autres	1. Loisirs	a. Forêts b. Parcs et jardins c. Complexes sportifs d. Aires de loisirs e. Bâtiments et terrains pour séjours de loisirs f. Jardins ouvriers	kf 0,5 kf 0,5 kf 0,5 kf 0,5 kf 0,5 kf 0,5
	2. Eau	a. Bassins réservoirs b. Plan d'eau à usage de loisirs c. Autres plans d'eau, de largeur supérieure à 6 mètres	kf 0 kf 0 kf 0
	3. Nature	a. Aire naturelle sèche b. Aire naturelle humide	kf 0 kf 0
	4. Aires de décharge	a. Décharges b. Dépôts de ferraille	kf 0 kf 0
	5. Autres surfaces	a. Cimetières b. Terrain constructible pour entreprises c. Terrain constructible pour d'autres usages d. Autres surfaces	kf 0 kf 0 kf 0 kf 0

NB: 1 kf = 1000 florins néerlandais

## CHAPITRE VI : PRÉSENTATION DE LA SITUATION AUX PAYS-BAS

Ce chapitre a été rédigé à partir du travail de Jean-Roland BARTHELEMY, intitulé « Evaluation économique du risque d'inondation, comparaison France- Pays Bas » et réalisé dans le cadre du programme « Evaluation et prise en compte des risques naturels et technologiques » du MEDD (rapport publié en novembre 2002).

Les Pays Bas (15 millions d'habitants) les zones inondables couvrent 65% du territoire, protégées en grande partie par des digues contre les crues du Rhin (qui prennent leur origine des pluies et de la fonte des neiges en Suisse) et contre les grandes marées de la mer du Nord. La Meuse n'est pas entièrement endiguée en raison des crues plus brutales auxquels ce fleuve est soumis (crues alimentées par les pluies exclusivement). La moitié de la surface du pays est considérée comme inondable en raison de sa situation au-dessous du niveau des cours d'eau ou de la mer.

Ici, les inondations sont liées à l'homme et non à la nature. L'occupation du territoire eut lieu lorsque l'augmentation du niveau de la mer a ralenti sa progression à quelques dix centimètres par siècle, 3000 ans avant notre ère. L'apport de tourbe, puis d'argile, suite à l'assèchement des terres, a accéléré le peuplement, provoquant une baisse du niveau des terres (2 à 3 mètres) et dès la fin du moyen âge une forte exposition aux inondations ; progressivement, un système complet de protection s'est mis en place, comprenant des digues, des systèmes d'évacuation des eaux, puis des polders.

L'Etat est juridiquement responsable de la sécurité des citoyens : il n'existe pas de système d'assurances obligatoire et un ministère est chargé spécialement de la lutte contre ce risque, le ministère des transports et de l'eau (VWS, particulièrement sa direction de l'eau, le Rijkswaterstaat). Mais, à l'échelle locale, des collectivités spécifiques, les Waterschappen (ou leur équivalent municipal dans quelques grandes villes) sont chargées entre autres de construire, entretenir les ouvrages et gérer les eaux de surface (sauf les grands cours d'eau). Elles disposent d'une fiscalité foncière propre à cet effet.

Les inondations ont toujours été un risque pris au sérieux aux Pays Bas, en raison notamment du souvenir de grandes catastrophes (dont la dernière est celle de 1953, qui fit 1800 morts). Les précautions sont généralement prises avec une forte marge de sécurité, ce qui explique le « succès » face aux crues de 1995, où 250.000 personnes ont été évacuées, mais où les dommages ont été très faibles.

Dès l'après guerre, d'importants travaux de recherche ont été réalisés sur la question du risque par des ingénieurs du RWS, qui vont préciser au fil des années une véritable théorie de la décision de protection face au risque d'inondations, aboutie dès le milieu des années 1960. La question était d'établir la hauteur optimale des digues pour éviter le risque. Dès cette époque, la notion de risque (produit de l'aléa et des dommages) était utilisée. Les données étaient encore très générales, mais elles ont plus ou moins permis de mesurer le dommage potentiel, au moins par le dénombrement des industries et des habitants. Ceci a permis de renouveler la notion de risque et de proportionner la hauteur des digues à l'importance du dommage probable. Une nouvelle définition du taux de retour en est résultée, qui a pris en compte l'importance du dommage potentiel. Les taux de retour, considérés comme des références pour mener une politique de protection, ont été établis en fonction du risque, donc du dommage potentiel comme de l'aléa. Ceci explique le passage à des objectifs de protection pour des taux de retour de 1/10.000 dans la Randstad (conurbation Amsterdam/ Rotterdam/Utrecht) et 1/4.000 sur la côte.

Plutôt que d'utiliser des méthodes fines d'évaluation du risque à petite échelle, la commission a préféré s'en tenir à un simple calcul d'optimisation du risque maximal à couvrir, minimisant le coût de l'endiguement et des dommages dans le centre de la Hollande, pour divers niveaux de risque encouru. Les données disponibles à l'époque aboutissaient au choix d'un risque théorique annuel de  $8 \cdot 10^{-6}$ , simplifié en un risque de 1 pour 10.000 ans. Ceci signifiait un rehaussement des digues, dans l'Ouest du Delta, de 0,5 à 1 mètre.

Mais cet objectif de sécurité, fixé à un niveau aussi élevé en raison de la densité de la zone à protéger, mais aussi faute d'oser calculer plus finement le risque, apparaîtra financièrement hors d'atteinte. En 1975, seuls 70 km de digues avaient été totalement traités, et 30 km partiellement, au sens des normes de 1956. Ces obstacles vont contribuer à une recherche plus approfondie en termes de risques, qui utilisera largement les aspects économiques comme outil d'aide à la décision.

Aussi une commission fut-elle réunie en 1975 par le Ministère de l'Eau et des Transports (commission Becht sur les digues de cours d'eau). L'évolution des techniques de modélisation avait remis en cause, au début des années 1970, les normes établies à partir d'un calcul simplifié du risque. Les normes étaient passées de la couverture d'un risque de 1/ 4.000 à 1/3.000 pour les digues de l'intérieur. La commission Becht a ramené le risque couvert à... « 1/1.250 ans » pour le Sud Est des Pays Bas (soit la réponse à un débit de 16.500m<sup>3</sup>/s à l'entrée du Rhin aux Pays Bas), ce qui a permis de réduire notablement l'importance des travaux.

L'objectif établi par le plan à l'horizon 1998 resta pourtant lui aussi hors d'atteinte, faute de moyens et en raison de l'opposition de nombreuses associations de protection de la nature: sur les 720 km prévus, seuls 190 étaient renforcés en 1983.

En 1992, une troisième commission, dénommée « Boertien I » est réunie pour évaluer les diverses solutions pour le renforcement des digues. Elle propose de maintenir les normes de sécurité (aléa de 1/1250) mais en prenant des références de crues plus basses (15.000 m<sup>3</sup>/s pour le Rhin, 3650 pour la Meuse), donc avec un renforcement moins important des ouvrages.

Ces travaux ont débouché sur l'examen de solutions telles que le réaménagement des épis, le creusement du lit ou la mise en place de bassins d'expansion. Ils concluent à la faible crédibilité de mesures systématiques et à la nécessité d'approcher ces solutions à l'échelle locale, tout en abandonnant l'approche normative de la MHW (crue de référence).

Les travaux de la commission Boertien sont les premiers à prendre en compte une démarche à partir des risques, à transférer à l'intérieur du pays les méthodes bien éprouvées sur les côtes et à proposer une approche réellement multi-fonctionnelle de l'endiguement. Il en résulte, en avril 1993, un plan d'urgence de rattrapage des travaux, avec des normes nettement allégées.

Les inondations le long du Maas (Meuse), dans sa partie non endiguée, en décembre 1993, aboutissent à la mise en place d'une seconde commission Boertien, qui confirme ses propositions de prévention pour l'avenir. Survient alors la crue de 1995 et l'évacuation de 200.000 personnes sur les bras du Rhin : cet événement va déclencher un retour en force de l'endiguement et de la couverture du risque maximal. Un plan de rattrapage (« Deltaplan » puis « Deltawet grote rivieren ») est alors voté en urgence par les députés, Il propose le renforcement de tous les ouvrages primaires de protection, dans un délai de moins de deux ans. Une procédure exceptionnelle, sans étude d'impact MER et avec une concertation allégée, est mise en place.

Ce n'est qu'après la fin de ces travaux d'urgence que la réflexion de la commission Boertien I se verra concrétisée. En 1996, une directive « De l'espace pour les cours d'eau » (« Ruimte voor de rivier ») préconise de réserver des zones d'expansion pour les crues, de prévenir le renforcement des protections pour des activités installées dans le lit d'hiver et d'interdire les implantations qui n'ont pas un lien direct avec le cours d'eau, comme tout ce qui peut limiter le débit.

Entre 1992 et 1996, une véritable révolution s'est donc produite dans l'élaboration des réponses aux inondations aux Pays Bas. Le constat de l'impossibilité d'atteindre un objectif de protection totale a été appuyé par les hypothèses débattues sur les conséquences du changement climatique, de phénomènes géomorphologiques qui contribuent à la montée des eaux, et par la résistance des habitants à un bouleversement important de l'environnement des cours d'eau. Il en est résulté une avancée très rapide du concept de risque et des outils d'aide à la décision, qui constitueront bientôt une véritable gestion intégrée du risque d'inondation. Le débat a été porté ensuite à l'échelle internationale, à travers la commission du Rhin.

Les travaux menés par Van Dantzig dans les années 1950 étaient centrés sur la question de l'optimisation économique des investissements de protection. Ces travaux étaient les premiers à être menés sur ce plan dans le monde : ils consistaient à minimiser le coût global d'un ouvrage en fonction de sa performance exprimée en « niveau d'eau supporté ». Le coût global comprenait l'investissement initial, l'investissement supplémentaire pour atteindre le niveau d'eau à maintenir et les dommages liés à chaque inondation, pondérés par la probabilité qu'elle intervienne. L'ensemble de ces coûts était capitalisé sur le long terme en fonction de taux d'inflation (pour les dépenses) et d'intérêt (pour les investissements). La probabilité d'inondation est ici égale au risque de dépassement du niveau d'eau pour lequel l'ouvrage est conçu ; comme les mécanismes permettant de mesurer la probabilité de dépassement pour d'autres raisons (force des vagues et du vent, orientation du courant et érosion) n'étaient pas encore connus, la Commission du Delta avait retenu le principe d'une marge de sécurité d'un ordre de magnitude supérieur aux résultats des calculs de van Dantzig.

Dans les années 1960, les travaux de recherche intègrent des variables aléatoires et une multiplication des causes de brèches aux ouvrages, particulièrement le courant, les vents, l'importance des vagues, etc. Tout récemment, ces travaux ont débouché sur la prise en compte d'une diversité d'ouvrages (dunes, digues) dans un système de protection et de réponses techniques plus variées.

Les méthodes qui dominaient avant 1996 pour calibrer les ouvrages de protection face au risque d'inondation reposaient sur la prescription d'une fréquence maximale de référence, puis la normalisation des éléments du dispositif de protection –ceux-ci étant conçus pour la fréquence et l'ampleur de la crue. La loi de 1996 a permis d'apporter plus de flexibilité dans le choix technique de la réponse, en autorisant une distribution inégale des risques selon les composants, tout en maintenant l'objectif global de la réponse à une crue d'une certaine référence. Dans ce cadre, la recherche opérationnelle concernant la fiabilité de systèmes de protection de grande ampleur a permis d'établir des méthodes d'évaluation du risque qui aboutissent à des niveaux



d'investissement et d'importance des ouvrages bien plus faibles que précédemment ; mais toute la difficulté est que « bien que cette diminution soit rationnellement expliquée, la question de l'acceptabilité sociale de ce niveau de risque de rupture est posée. Pour y parvenir, il a fallu développer des outils d'analyse des probabilités acceptables de rupture ».

Le développement d'une méthode mise en place dans une phase expérimentale, dénommée « méthode standard » porte d'abord sur les dommages et les victimes. A partir d'un certain nombre de situations locales, où une évaluation fine a été réalisée, un essai de généralisation, prenant la forme d'une évaluation coût-avantage, est engagé. Si cette évaluation reste très générale, elle est néanmoins testée auprès des différentes parties intéressées et surtout approfondie à l'intérieur des zones de risques. Le but du système n'est pas d'évaluer des risques de façon très exacte, mais de les comparer selon les lieux, selon diverses hypothèses sur le risque de rupture des protections. Il s'agit donc d'un outil immédiatement utilisable pour discuter diverses options. C'est la raison pour laquelle il s'intègre dans les recherches de solutions qui sont menées par ailleurs.

L'amélioration attendue des méthodes d'évaluation des dommages concerne :

- l'appréciation monétaire à partir des fonctions d'endommagement et de la réévaluation des montants maximum fixés antérieurement. Le champ prend en compte le dommage direct, indirect (pertes d'exploitation, blocages du système de transport hors de la zone, aspects macro-économiques) ;
- l'appréciation des dommages non monétaires : il s'agit du nombre de victimes (déterminé selon les possibilités réelles d'évacuation) dont la modélisation était jusqu'ici très insuffisante (introduction des caractéristiques de la zone et de la rapidité d'inondation) ; cette amélioration prendra également en compte les données des sociétés d'assurances (Munich Re).
- les dommages à l'environnement, aux biens non monétaires (culturels, naturels), au bien être de la zone (détérioration de l'image) ; les indicateurs qui pourront donner une idée de l'importance de ces effets seront rassemblés en base de données et traités ensuite.

Dans ses conclusions, Jean-Roland BARTHELEMY relève cinq différences fondamentales entre les approches françaises et néerlandaises :

- l'arrière plan en matière de recherche est incomparablement plus important dans le cas néerlandais, en raison de l'existence d'une « école du risque » qui remonte à l'après-guerre et de l'importance des équipes qui sont régulièrement mobilisées sur ce sujet à l'université, dans les services de l'Etat et dans les bureaux d'études ; la présence internationale reconnue de ces recherches et l'existence d'un groupe d'équipes en réseau autour d'une école d'ingénieurs ajoutent à sa capacité à durer ;
- le caractère normalisé et systématique de la méthode aux Pays Bas, alors que la diversité règne dans le cas français ;
- l'adaptation du degré de finesse aux besoins dans les outils néerlandais, alors que les français vont rapidement se heurter à la difficulté d'accès et de qualité des sources, même si l'attente est très générale ;
- l'effort de cohérence qui existe dans le premier cas entre l'analyse des causes d'inondation, l'élaboration de scénarios hydrauliques, la connaissance des enjeux, puis le calcul des risques sociaux et individuels, et enfin la réflexion sur les décisions ; autrement dit, l'outil n'est jamais indépendant du débat dans lequel il s'insère ; les documents français restent très techniques et débouchent rarement sur des propositions concrètes ; les auteurs n'interviennent pas dans les débats publics et sont généralement limités à une partie seulement de la démarche ;
- le caractère très ouvert du débat, qu'il s'agisse de l'ouverture à plusieurs méthodes, courant d'opinion, débats internationaux ; ou de l'ouverture au grand public, à travers la presse ou les débats politique, avec à l'appui une grande accessibilité des documents (même si certains sont très techniques). Par comparaison, les documents français sont confidentiels.

**CHAPITRE VII : PRÉSENTATION DE LA SITUATION EN SUISSE**

**1 – Eléments généraux de la gestion du risque inondation en Suisse**

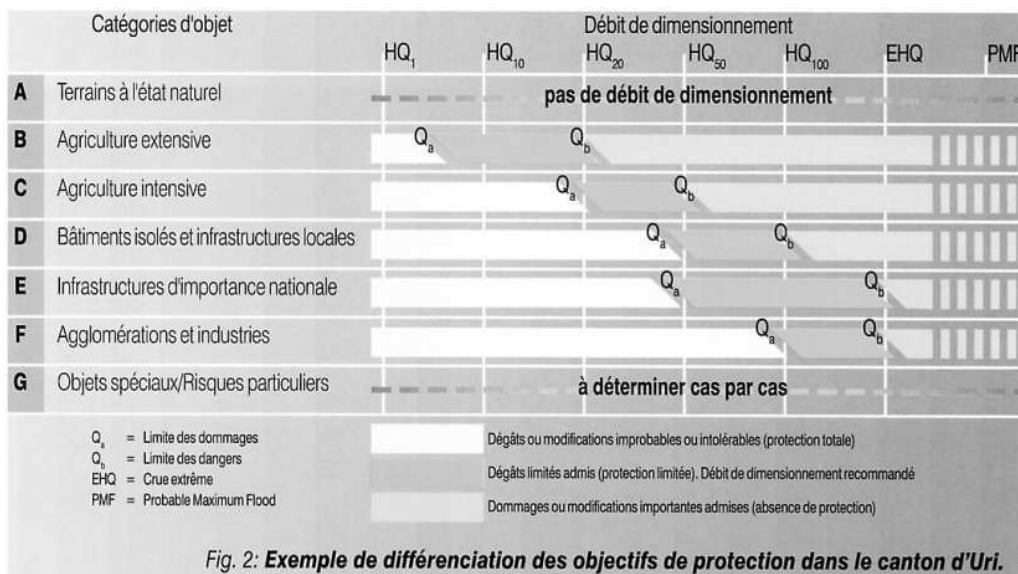
Les offices fédéraux compétents ont publié en commun en juillet 1997 les « recommandations visant à prendre en compte les aléas d'inondation dans le cadre des activités ayant un impact sur l'espace ». Ces recommandations définissent les critères pour l'établissement de cartes des aléas et donnent des conseils pour leur mise en œuvre dans le cadre de l'aménagement du territoire. Cette méthode permet à présent de tenir compte des dangers naturels dans le cadre de l'aménagement du territoire en se fondant sur des critères uniformes. La mise en œuvre dans le cadre de l'aménagement du territoire relève de la compétence des cantons ou des communes et doit se faire conformément à la législation des cantons.

En vertu de la politique de protection contre les inondations appliquée par la fédération, des subventions ne sont accordées pour les ouvrages de protection que si, dans le cadre d'un projet global de protection,

- des cartes des aléas sont élaborées et les risques résiduels sont pris en compte dans le cadre de l'aménagement du territoire et des plans à l'échelon régional et local,
- un plan d'urgence est établi pour faire face aux risques résiduels sur les surfaces protégées.

L'administration fédérale suisse a dépensé près de 280 millions de francs suisses entre 1995 et l'an 2000 pour des mesures de protection contre les inondations mises en œuvre sur l'ensemble du territoire. La fédération subventionne ces projets à raison de 35 % en moyenne. Les 2/3 environ des montants investis dans l'ensemble de la Suisse sont attribués au bassin du Rhin (~ 70 millions d'euros). Les travaux portent en priorité sur la remise en état d'anciennes digues existantes qui doivent être ajustées aux dispositions actuelles en matière de stabilité, sur les mesures de renaturation et les plans globaux de protection contre les inondations pour les implantations présentant un potentiel de dommage élevé.

Lors de l'élaboration d'un projet, la définition des objectifs de protection et, partant, la détermination du débit de dimensionnement, est une décision importante du point de vue technique et financier. Le choix de ces objectifs dépend des biens à protéger. La législation demande d'appliquer des paramètres de dimensionnement variables suivant la catégorie des biens considérés (par exemple agglomérations, ouvrages d'infrastructure, surfaces agricoles). Si autrefois, les ouvrages de protection étaient dimensionnés en fonction de la crue centennale, ce n'est plus systématiquement le cas aujourd'hui. Il est recommandé d'augmenter le degré de protection lorsque l'on se trouve en présence de biens matériels importants et de le réduire lorsqu'il s'agit de surfaces à usage agricole. La figure ci-dessous donne un exemple de cette différenciation des objectifs de protection. Lorsque des mesures de protection sont planifiées, il est primordial de procéder à une évaluation précise des intérêts en présence pour fixer, par itération, les objectifs de protection définitifs. Face à des coûts disproportionnés ou à d'autres inconvénients majeurs, l'affectation prévue ou les objectifs de protection doivent être réexaminés.



## 2 – Une approche récente pour la quantification des dangers

Depuis deux à trois ans, les autorités suisses ont mis au point une nouvelle approche destinée à homogénéiser l'analyse des risques sur le territoire, afin d'établir des documents de zonage et classer par ordre de priorité les travaux de protection envisagés. Cette méthode a un caractère obligatoire puisqu'il s'agit d'instructions de nature normative. Cette méthode n'a été à ce jour publiée uniquement qu'en allemand. Le texte ci-dessous provient de l'exploitation d'une note qui nous a été remise par Gérard Brugnot, du CEMAGREF.

La méthode comporte trois niveaux :

- La première étape est une analyse aléa-vulnérabilité empirique et qualitative, qui fait largement appel à l'utilisation de SIG.
- La seconde étape introduit des éléments de valorisation économique. On cherche à quantifier le risque. A ce stade, aucun relevé de terrain n'est nécessaire. L'utilisation de SIG est également indispensable.
- La troisième se distingue par le niveau de précision requis. L'échelle est celle du bâtiment ou du tronçon de voie de communication.

### Le premier niveau de la méthode

C'est techniquement une étape très simple, appelée semi-quantitative, car elle repose sur des évaluations sans véritables bases économiques. La démarche est très proche de l'esprit de la méthode « inondabilité », avec en plus un raisonnement par fréquence d'occurrence des phénomènes (3 scénarios correspondant respectivement aux périodes de retour 30, 100 et 300 ans). L'aboutissement de cette méthode est la détermination de cartes de « déficit de protection ». Obtenues de façon semi-automatique grâce à l'utilisation de SIG, ces cartes ont un pouvoir démonstratif fort.

Les trois étapes de l'analyse sont : les cartes de danger (ce terme est synonyme de notre expression « aléa »), les cartes d'enjeux et les cartes de déficit de protection.

Par convention, les fréquences retenues pour les cartes de danger sont les crues de périodes de retour 30, 100 et 300 ans. Pour chaque fréquence, on représente les zones d'aléa fort, moyen, faible ou nul (échelle à 4 niveaux 0, 1, 2 et 3).

Pour la classification des enjeux, le guide méthodologique en propose une à titre indicatif, mais les cantons peuvent en définir une propre à leur territoire, en concertation avec les acteurs locaux. Pour la classification proposée, les objets sont classés en 7 niveaux selon leur vulnérabilité et selon trois catégories : bâti, communication et milieu naturel. Pour chaque niveau de vulnérabilité, on définit un niveau d'aléa acceptable pour une fréquence donnée. Une classe d'objets vulnérables se définit donc par un aléa maximal supportable pour chaque fréquence de travail, c'est-à-dire pour un triplet. Ce triplet est l'objectif de protection.

Par exemple, la classe d'objet présentant la vulnérabilité la plus basse (classe 1) est cotée (3,3,3). Cela signifie qu'elle supporte tout niveau d'aléa. La classe 3.1, qui comprend les routes nationales et les remontées mécaniques, est cotée (0,1,2). Cela signifie qu'elle ne supporte que l'aléa nul (0) pour la fréquence de travail correspondant à la période de retour 30 ans ; l'aléa faible (1) pour l'événement centennal et l'aléa moyen pour l'aléa de période de retour 300 ans.

Les cartes représentent, selon les conventions libres, les objets regroupés selon leur niveau de vulnérabilité.

La réalisation des cartes de déficit de protection représente la partie la plus arbitraire de la méthode, qui fait appel le plus à une expertise. Il y a déficit de protection quand l'objectif de protection défini ci-dessus n'est pas atteint, c'est-à-dire qu'il existe au moins une fréquence de crue pour laquelle l'intensité de l'aléa dépasse la vulnérabilité exprimée sous forme d'aléa admissible. Ce déficit de protection est évalué à partir d'un tableau, qui attribue une valeur comprise entre 1 et 18, à chaque cas de déficit. Ces valeurs paraissent, selon M. Brugnot, très contestables. Il objecte notamment qu'elles varient très peu en fonction des fréquences, alors qu'on pourrait penser qu'un déficit de protection donné, c'est-à-dire en pratique un accident d'une gravité donnée, est beaucoup moins acceptable pour une période de retour faible que pour une période de retour forte.

### Le deuxième niveau de la méthode

Le deuxième niveau fait appel à des évaluations économiques de nature globale, c'est-à-dire par type d'objet. Les objets sont classés de façon arborescente et on peut, selon les niveaux d'information dont on dispose, faire appel à des niveaux plus ou moins fins d'arborescence. Le but de l'analyse est surtout de classer par ordre de priorité des travaux de protection. Sauf cas très simple (un aléa, un enjeu), l'utilisation d'un SIG est requise à ce niveau.

L'analyse de l'aléa repose sur deux groupes de données : celles relatives à l'aléa proprement dit (intensité, fréquence, « vraisemblance spatiale d'accident », définie comme la vraisemblance que lors de l'occurrence d'un aléa, celui-ci atteigne un point donné du territoire, « vraisemblance de présence », pour les personnes, qui est le

temps moyen de présence humaine par jour en un point donné) et celle relatives à la vulnérabilité (l'endommagement, correspondant à un niveau d'intensité 1 du phénomène considéré ; pour un bien, cet endommagement est calculé en francs suisses et pour un ensemble de personnes, en unités de vie humaine).

L'analyse aboutit à deux familles de matrices de risque, l'une pour les personnes et l'autre pour les biens matériels. Chaque matrice croise les scénarios et les objets. Dans tous les cas, le résultat du calcul est, pour chaque objet, le produit d'une fréquence par une valeur de dommage, le tout sur une base annuelle. Le risque collectif d'un ensemble d'objets s'obtient par sommation des risques des objets élémentaires.

Les risques pour les personnes distinguent les risques liés au séjour et ceux liés à la circulation, la méthode proposant une série d'indicateurs. Pour les risques pour les biens, des indicateurs sont également proposés, en distinguant les éléments surfaciques (groupes d'habitations...), les espaces verts, les éléments linéaires (routes...), les éléments ponctuels (bâtiments isolés...).

### Le troisième niveau de la méthode

Le troisième niveau se caractérise par son degré de précision. L'objet d'analyse devient l'objet individuel. Le niveau 3 est beaucoup plus coûteux, car il traite des données très fines. Il est donc recommandé de ne le mettre en œuvre que dans le cas d'enjeux particulièrement important, sur le plan économique et social.

La démarche est la même qu'au niveau précédent, mais l'analyse est beaucoup plus fine.

Ainsi, pour l'analyse de l'aléa, on utilise une méthode de type « analyse de fiabilité » pour déterminer la fréquence de l'aléa, en utilisant deux nouvelles variables qui rendent compte respectivement de la saisonnalité du phénomène (crues au printemps ou en automne) et du temps d'alerte, défini comme l'intervalle de temps séparant les premiers indices précurseurs du phénomène et son arrivée effective.

Comme on l'imagine facilement, l'analyse de la vulnérabilité est également beaucoup plus fouillée. Pour les personnes, on distingue trois situations au lieu de deux : bâtiments (intérieur ou accès), routes, voies ferrées.

Pour les biens, le raffinement porte sur l'évaluation des dommages indirects (perte d'exploitation des entreprises) et des dommages non marchands.

## CHAPITRE VIII : LE PROJET IRMA-SPONGE - LE CAS AUSTRALIEN

### 1 – Le Programme IRMA-SPONGE

Le Programme IRMA-SPONGE a pour but de contribuer au Thème 3 (Amélioration des connaissances et de la collaboration) du Plan commun d'action IRMA (Interreg Rhine Meuse Action). IRMA est un programme interrégional de type Interreg II-C initié par la Commission européenne et visant à réduire les risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse. Cinq États-membres de l'UE (Allemagne, Belgique (Flandre et Wallonie), Luxembourg, France et Pays-Bas) ont, en collaboration avec la Suisse, choisi de développer et de promouvoir conjointement de meilleures méthodes pour gérer durablement les risques d'inondation.

L'acronyme SPONGE signifie « Scientific Programme ON GEnereating sustainable flood control ». Néanmoins, la notion de « flood risk management » a été préférée, au cours de ce programme, à celle de « flood control ».

IRMA-SPONGE est un ensemble constitué par 13 projets innovants, cohérents et complémentaires dans lesquels collaborent plus de 30 instituts de tous les pays des bassins du Rhin et de la Meuse. La gestion du Programme IRMA-SPONGE a été confiée à NCR (thé Netherlands Centre for River studies) dans le cadre duquel collaborent neuf universités et instituts de recherche (organismes gouvernementaux et privés). Dans sa tâche, NCR a bénéficié de l'appui d'un comité scientifique consultatif international (ISAC - International Scientific Advisory Committee).

Les 13 projets qui constituent IRMA-SPONGE couvrent une très importante gamme de sujets dans divers champs scientifiques. Ces 13 projets s'inscrivent dans trois thématiques scientifiques générales qui sont :

- Risque d'inondation et hydrologie (projets 1, 3 et 12).
- Protection contre les inondations et écologie (projets 6, 7, 8, 9, et 11).
- Gestion des risques d'inondation et planification spatiale (projets 2, 4, 5, 10 et 13).

Ces 13 projets sont les suivants :

- Project 1: DEFLOOD - flood reduction measures and reference floods.
- Project 2: Integrated management strategies for Rhine and Meuse.
- Project 3: FRHYMAP - flood risk and hydrological mapping.
- Project 4: DSS-LARGE RIVERS - a tool for assessing measures.
- Project 5: Improving spatial planning instruments for flood risk management.
- Project 6: Guidelines for the implementation of ecological measures along rivers.
- Project 7: Cyclic rejuvenation of floodplains.
- Project 9: INTERMEUSE - integrated spatial planning for the river Meuse.
- Project 10: Living with floods - resilience strategies for flood risk management.
- Project 11: BIOSAFE - a tool for assessing impacts of measures on biodiversity.
- Project 12: FloRIJN - improvement of the Rhine flood forecasting system.
- Project 13: STORM - a role-play for transboundary river management

Ces différents projets sont succinctement décrits ci-dessous.

Projet 1 - DEFLOOD : Développement de méthodes pour l'analyse de l'efficacité des mesures de réduction des risques d'inondation dans le bassin du Rhin sur la base de crues de référence  
Mots-clés : condition de référence hydrométéorologique, cadre de travail pour l'établissement d'un modèle de bassin versant intégré. Objectif : développer des procédures d'évaluation de l'effet des mesures décentralisées sur la survenue de crues dans les grands bassins versants - comme base pour des instruments de planification. La méthode développée devrait en outre permettre de comparer et d'évaluer les crues passées et futures probables.

Projet 2 - Stratégies intégrées de gestion pour le Rhin et la Meuse Mots-clés : occupation du sol, changements climatiques, modèles hydrologiques, incertitudes, perspectives, scénarii. Objectif: développer une série de stratégies intégrées de gestion des eaux (et de scénarii) pour les bassins du Rhin et de la Meuse, prenant en compte les futures évolutions possibles et les incertitudes.

Projet 3 - FRHYMAP - Flood Risk and HYdrological MAPping (Cartographie hydrologique et des risques d'inondation) Mots-clés : changements climatiques, dangers, modèles hydrauliques, atlas hydro-climatologique, modèle hydrologique, changement de l'occupation du sol, régionalisation. Objectif: améliorer la compréhension de la survenue des crues, surtout au niveau des cours amont, et de la gestion des crues dans les plaines inondables.

Projet 12 - Extension du modèle de prévision des crues FloRIJN Mots-clés : modélisation fluviale, système d'avertissement précoce des crues (FEWS / Flood Early Warning System). Objectif: mettre au point un prototype de système d'avertissement précoce des crues pour le Rhin permettant de prévoir les pics de crue sur le site de Lobith (près de la frontière néerlandaise) 4 jours à l'avance.

Projet 6 – Directives pour la réhabilitation et la gestion des plaines inondables, alliant écologie et sécurité. Mots-clés : plaines inondables, réhabilitation écologique, développement de plan. Objectif: élaborer des directives pour l'optimisation des habitats en plaine inondable et de l'infrastructure écologique, tout en améliorant la protection contre les inondations par accroissement en premier lieu de la capacité d'écoulement des eaux.

Projet 7 - Rajeunissement cyclique des plaines inondables Mots-clés : abaissement des plaines inondables, rajeunissement végétal, gestion du patrimoine naturel. Objectif : développer une stratégie permettant à la fois une meilleure gestion des risques d'inondation (par accroissement de la capacité d'écoulement des eaux du lit majeur) et la restauration du patrimoine naturel.

Projet 8 - Évaluation de stratégies de gestion des plaines inondables : valeur ajoutée de la réhabilitation des marécages Mots-clés : rétention d'eau, rétention de nutriments, valeur de l'eau, dénitrification, marécages inondables. Objectif : évaluer l'effet bénéfique des marécages sur la réduction des risques d'inondation et l'amélioration de la qualité de l'eau.

Projet 9 - Intermeuse : reconnexion de la Meuse Mots-clés : gestion intégrée des eaux, réhabilitation du patrimoine naturel, cohésion de l'aménagement du territoire, évaluation physique de l'habitat. Objectif : fournir des solutions sur la façon d'optimiser la protection contre les inondations le long de la Meuse peut très bien être combiné à une réhabilitation durable de l'écosystème des plaines inondables - l'accent étant mis sur les aspects de la planification du territoire.

Projet 11-BIO-SAFE Mots-clés : écosystèmes fluviaux, évaluation de la biodiversité, politique de conservation du patrimoine naturel et législation. Objectif: réaliser un outil d'évaluation de l'impact des mesures de prévention des crues sur la biodiversité des plaines inondables.

Projet 4 - DSS - Large Rivers et analyse des options de rétention sur le cours inférieur du Rhin Mots-clés : DSS (Décision Support System), gestion du risque d'inondation, zone de stockage des crues. Objectif: fournir un appui à la prise de décision concernant les mesures de contrôle des eaux de crue sur le cours inférieur du Rhin, en prenant en considération les conséquences hydrauliques, paysagères et écologiques.

Projet 5 - Aménagement du territoire et instruments supportant une gestion préventive des crues Mots-clés : aménagement du territoire, planification régionale, zonage des risques, collaboration interrégionale, partage des tâches, gestion de l'information, gestion des risques, sensibilisation de l'opinion publique. Objectif : formuler des recommandations pour optimiser l'utilisation des instruments d'aménagement (et d'utilisation) du territoire afin de gérer les risques d'inondation, pour les organismes européens, nationaux, régionaux et locaux chargés de l'aménagement du territoire.

Projet 10 - Vivre avec les crues Mots-clés : gestion des risques d'inondation, occupation multiple du sol, Rhin, gestion de bassin versant, résilience, développement durable, planification de l'occupation du sol. Objectif: concevoir et évaluer des stratégies alternatives de gestion des risques d'inondation pour le cours inférieur du Rhin applicables à long terme (50 à 100 ans) et mieux prendre en considération les incertitudes inhérentes aux fleuves de plaine. À cet égard, l'objectif est plus de favoriser la résilience que le contrôle (résistance), et d'accorder une attention particulière aux options d'occupation multiple du sol.

Projet 13 - STORM-Rhine - outil de simulation pour la gestion des eaux fluviales Mots-clés : jeu de simulation, jeu de rôle, participation à la prise de décision, fonctions fluviales, intérêts des parties impliquées. Objectif : réaliser un jeu de simulation étant à la fois un outil pouvant améliorer la compréhension de la gestion des cours d'eau et des plaines inondables chez les décideurs et les parties intéressées dans les régions riveraines du Rhin moyen et inférieur. Pour y parvenir, il est fait appel à ( 1 ) une meilleure prise de conscience des fonctions fluviales, (2) l'exploration de stratégies alternatives, (3) la mise en évidence de liens entre les processus naturels, l'aménagement du territoire, les interventions de l'ingénierie, les fonctions fluviales et les intérêts des parties impliquées, (4) la promotion d'un débat entre les différents décideurs et les parties intéressées dans le bassin rhénan.

Seuls les projets 2 (Stratégies intégrées de gestion pour le Rhin et la Meuse) et 3 (Cartographie hydrologique et des risques d'inondation) se sont intéressés aux aspects socio-économiques.

Dans le cadre du projet 2, une étude scénario a été menée ; elle combinait l'élaboration de modèles physiques et la théorie socioculturelle. Les scénarii existants sur le climat, l'occupation du sol et les données socio-économiques ainsi que les stratégies de gestion des risques d'inondation, ont été structurés en recourant à la méthode des perspectives. Le résultat fut une série de scénarii intégrés de gestion des eaux, dont chacun représentait une vision différente de l'avenir liée à un style particulier de gestion des eaux. L'utilisation d'un ensemble d'outils de

modélisation existants a permis d'évaluer les implications de chacun de ces scénarii pour les systèmes hydrologiques. Enfin, les risques, coûts et avantages liés à chacune de ces stratégies ont été évalués pour chacun des scénarii.

Dans le cadre du projet 3, une vaste gamme de thèmes liés aux crues, allant des causes hydro-climatologiques aux impacts socio-économiques, a été étudiée. Les études se sont déroulées dans le seul bassin de l'Alzette, de taille moyenne et transfrontalier. L'analyse des séquences a été exécutée pour rechercher les possibles signaux des effets induits par le changement d'occupation du sol et les changements climatiques au niveau des débits enregistrés. La traduction hydrologique des changements de l'occupation du sol sur la survenue des crues a été simulée à l'aide de divers modèles hydrologiques. Des méthodes ont été explorées pour l'application des résultats « locaux » des modèles hydrologiques à des zones plus vastes (régionalisation).

## 2 – Le cas australien

En 1996, les autorités australiennes ont publié un « Economic Assessment of Disaster Mitigation : An Australian Guide » qui vise à fournir les méthodes permettant l'évaluation économique des mesures de mitigation, et notamment d'aider au choix entre plusieurs stratégies. Ce guide a été réalisé en collaboration avec le Flood Hazard Research Centre, dans le cadre de la Décennie Internationale pour la réduction des catastrophes naturelles.

Il décrit notamment les types de bénéfices attendus des mesures de mitigation, en considérant qu'il s'agit des dommages évités et en distinguant classiquement les dommages directs, les dommages indirects et les dommages intangibles. L'analyse économique proposée vise à apprécier les dommages moyens annuels (average annual damages).

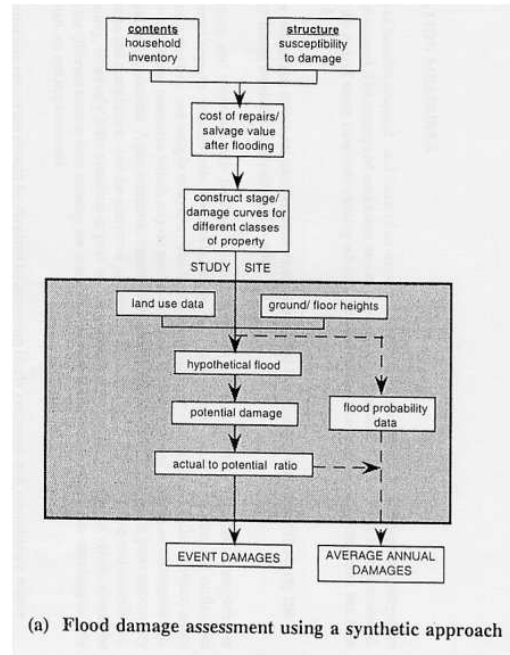
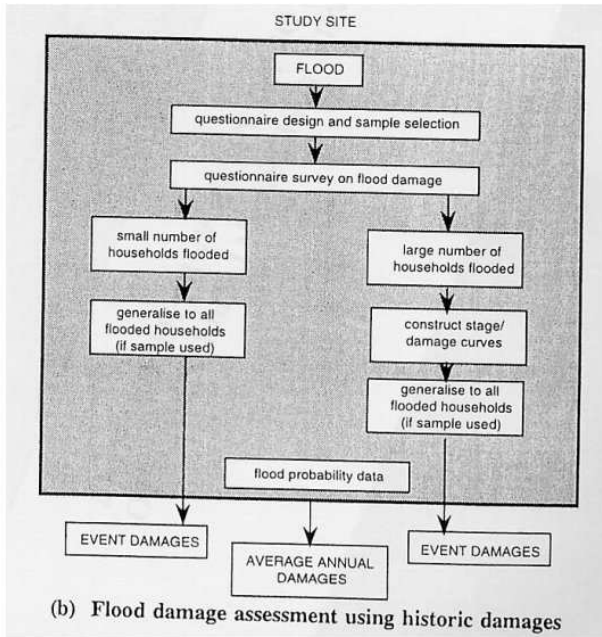
**Table 1** Main Disaster Impacts by Type (selected examples).

Measurement	Direct Loss	Indirect Loss
Market	Damage to building structure and contents	
	Damage to vehicles	Loss of value added due to manufacturing disruption and loss of value added in retail, distribution and services, where not taken up elsewhere in economy
	Damage to public buildings and contents Damage to infrastructure	Additional costs of maintaining production or service incurred by businesses
	Drowning of livestock Loss of standing crops	Marginal costs of providing alternative public services Disruption to public utility systems outside hazard affected area
	Clean-up costs	Increased travel and congestion costs
		Additional costs of emergency services in hazard event
Non-market	Death and injury due to flood (eg drowning) Loss of memorabilia	Disruption to living, including evacuation Stress-induced ill health and death Worry over future hazard events
	Damage to cultural and heritage sites	Loss of community
	Damage to ecological sites - changed habitats and landscape Loss of genetic diversity	Non-use values of lost heritage and environmental sites Changed water regime

Note: impacts are not necessarily mutually exclusive

Le guide insiste sur la nécessité de conduire une réelle étude économique et non une simple évaluation financière. Il indique également que deux approches sont possibles : l'approche historique et l'approche « synthétique ».

On a repris page suivante la présentation schématique de ces deux approches.



Outre la consultation de ce guide (non disponible en ligne à notre connaissance ; résumé disponible auprès du Cereve), le lecteur est également invité à se reporter au site du Gouvernement Australien, Department of Transport And Regional Services, Bureau of Transport and Regional Economics, pour de plus amples renseignements. Une bibliographie, issue de ce site, est placée en fin de volume. <http://www.bte.gov.au/index.htm#Top>.



## CHAPITRE IX : PRÉCONISATIONS POUR LA RÉDACTION D'UN GUIDE MÉTHODOLOGIQUE ET POUR AMÉLIORER LES MÉTHODES DISPONIBLES

### 1 – Préconisations pour la rédaction d'un guide méthodologique

Deux orientations peuvent être envisagées pour l'élaboration d'un guide méthodologique à l'usage des maîtres d'ouvrage et relatif à la mise en œuvre des analyses coûts-bénéfices en matière de réduction des inondations :

- Soit l'étude des bénéfices se limite à ceux que l'on peut aisément aujourd'hui exprimer en unités monétaires : la réduction des dommages potentiels directs imputables aux inondations et certains dommages indirects.
- Soit l'étude des bénéfices couvre l'ensemble des gains potentiels attendus des différents projets, qu'ils soient chiffrables ou non en unités monétaires.

Dans le premier cas, les bénéfices correspondent uniquement à la réduction des dommages potentiels. Le guide peut alors présenter les différentes méthodes disponibles pour l'estimation de ces dommages potentiels, en précisant que certains dommages (ou coût imputables à l'inondation) ne sont pas à ce jour estimables, faute de méthode (dommages aux réseaux, dommages aux équipements...). Il peut également proposer un cadre méthodologique pour élaborer de manières spécifiques des fonctions de dommages, propres au territoire étudié, en exploitant notamment des données historiques récentes.

Dans le second cas, il sera nécessaire en plus de la présentation des méthodes d'estimation des dommages de présenter tous les avantages (ou bénéfices) susceptibles d'être apportés par les aménagements mais pour lesquels les méthodes d'évaluation sont inexistantes (réduction des atteintes corporelles et psychologiques), encore au stade de la recherche (variation du prix du foncier en fonction du niveau de risque) ou très lourdes à mettre en œuvre et nécessitant des compétences peu répandues au sein des bureaux d'études (méthode d'évaluation contingente par exemple).

Il est proposé ci-dessous le plan que pourrait adopter un guide du premier type, c'est-à-dire qui retiendrait uniquement comme « bénéfices » attendus des différents aménagements étudiés la réduction des principaux dommages directs et des pertes d'exploitation pour les entreprises.

#### Chapitre 1 : Présentation générale de l'analyse coûts-avantages appliquée au risque inondation

Il s'agirait d'un chapitre d'introduction générale à la méthode coûts-bénéfices et aux particularités de l'application de cette méthode au thème de la prévention des inondations.

#### Chapitre 2 : Présentation des étapes d'une analyse coûts-avantages appliquée au risque inondation

Il s'agirait d'un chapitre détaillant les différentes étapes nécessaires à la conduite d'une ACA. Dans ce chapitre, le principe de l'estimation des dommages serait présenté et plus particulièrement les trois piliers sur lesquels elle repose : la modélisation hydraulique, le recensement et la caractérisation des enjeux, la disponibilité de fonctions d'endommagement

#### Chapitre 3 : Recensement et caractérisation des enjeux

Le guide devra réaliser une présentation des différentes méthodes de recensement et de caractérisation des enjeux exposés. Ces enjeux exposés correspondent à tous les biens, activités et personnes présentés dans la zone inondable et susceptibles de subir un dommage à la suite d'une inondation.

##### 3.1 Proposer une typologie simple et générale des enjeux

Dans un premier temps, il est suggéré que le guide méthodologique propose une typologie « standard » des enjeux, qui soit une sorte de plus petit commun dénominateur commun aux différents niveaux d'investigation possible et aux différents types de territoire pouvant faire l'objet d'une ACA. Il est proposé ci-dessous une esquisse d'une telle typologie de base :

- Enjeux humains.
- Enjeux habitat
- Enjeux entreprises (industrielles, commerciales et artisanales)
- Enjeux agricoles (surfaces cultivées et sièges d'exploitation)
- Equipements publics, ceux-ci pouvant être distingués en établissements publics, enjeux ponctuels (écoles,

hôpitaux, station d'épuration, etc.) et réseaux, enjeux linéaires (réseau routier, réseau ferroviaire, réseau d'adduction d'eau, etc.).

En fonction des moyens affectés à l'étude, des besoins propres à celle-ci et des spécificités du territoire étudié, cette typologie de base pourra être affinée et le guide illustrera les perfectionnements possibles par des exemples pris dans la littérature existante.

On rappelle ci-dessous les études dans le cadre desquelles des typologies détaillées de différents enjeux ont été adoptées.

- Typologie détaillée de l'habitat : étude Loire
- Typologie détaillée des enjeux agricoles : études Loire et Rhône
- Typologie détaillée des enjeux « activités » : études Loire et Rhône
- Typologie détaillée des équipements : étude Loire
- Typologie détaillée des réseaux : étude Seine

### 3.2 Passer en revue les méthodes de recensement et de caractérisation des enjeux

#### *3.2.1 Les méthodes d'étude des enjeux*

Cet indispensable chapitre du guide méthodologique est probablement celui pour lequel on dispose d'une masse d'information la plus importante. En effet, les études phares conduites ces dernières années sur les grands bassins ont nécessité des investissements importants sur cet aspect particulier de l'étude économique.

Sans tomber dans un traité relatif à la photointerprétation et la cartographie des modes d'occupation et d'utilisation du sol ou dans le commentaire aride des données INSEE, le guide devra donc passer en revue :

- Les différentes bases de données existantes, tant relative à l'occupation des sols (Corine Land Cover, BD TOPO, orthophotoplans, etc.) ou aux statistiques (données INSEE, données des fichiers DGI, etc.). Certaines informations sont spécifiques à des régions (MOS de l'IAURIF, de la DIREN Languedoc-Roussillon, etc.) et pourraient être recensées pour les principales.
- Les méthodes de cartographie de l'occupation des sols, les méthodes de recensement de terrain, etc.

Pour les premières, il conviendra de recenser les différentes sources d'information existantes, de présenter leurs caractéristiques et leur intérêt au regard du ACA, ainsi que leurs coûts d'acquisition. Ce travail a été déjà largement réalisé par « l'étude de faisabilité d'un observatoire des enjeux et de leur vulnérabilité aux inondations » (MEDD-SDPRM, SIEE, 2002). En fonction de l'état d'avancement de cet observatoire, les données qu'il permettra de mobiliser devront être décrites.

Pour les secondes, il faudra présenter les intérêts et limites des différentes solutions envisageables pour recenser et caractériser les enjeux (campagne spécifique de photo-aériennes, l'utilisation de l'image satellitale, etc.). Le temps nécessaire à de telles investigations et leur coût devront être des aspects illustrés par exploitation des études antérieures.

Ce chapitre devra aborder la question de l'échelle d'analyse. Le choix des méthodes est en effet tributaire de l'échelle à laquelle est réalisée l'étude, les petites échelles devant privilégier l'automatisation du traitement de l'information, les grandes échelles pouvant privilégier les enquêtes de terrain. Mais le choix des méthodes et des sources d'information mobilisées est également tributaire des budgets disponibles, raisons pour laquelle le guide devra illustrer les différents points traités par des exemples de coûts.

#### *3.2.2 Valorisation économique des enjeux*

En fonction de la méthode retenue (utilisation de taux d'endommagement), il peut être nécessaire d'estimer la valeur économique des enjeux, si les fonctions de dommages ou les matrices d'endommagement s'appliquent aux valeurs des biens (l'autre alternative étant que l'approche dommage se fasse par utilisation de coûts moyens de dommages, au bien ou à l'hectare).

Le guide devra donc consacrer un volet à la valorisation des enjeux.

## Chapitre 4 : Choix des fonctions de dommages ou mise au point de ces fonctions

### 4.1 Typologie des dommages potentiels

Le guide devra présenter les trois grands types de dommages potentiels consécutifs à une inondation et préciser la nature des coûts afférents et la disponibilité des méthodes pour les évaluer.

Ces trois grands types de dommages potentiels sont :

- Les dommages directs (coût de la réparation ou du remplacement des biens sinistrés), pour lesquels on dispose de fonctions de dommages.
- Les dommages indirects (perte d'exploitation des entreprises, coût d'interruption d'un service, etc.), pour lesquels la modélisation est difficile voire même impossible en l'état des outils disponibles.
- Les dommages intangibles (dommages touchant la personne humaine, l'environnement ou le patrimoine). Ces dommages sont très difficiles à évaluer, faute de mesure par le prix de marché et de méthodes opérationnelles pour les aborder.

#### 4.2 Les fonctions de dommage de référence

Le guide devra réaliser une compilation et une présentation des différentes fonctions de dommages disponibles pour les trois thèmes principaux que sont l'habitat, les entreprises, l'agriculture.

On rappelle ci-dessous les études dans le cadre desquelles des fonctions de dommages ont été mises au point de manière spécifique. Toutes les autres études existantes n'ont fait que reprendre, sans adaptation particulière ou remarquable, les fonctions existantes.

#### **Fonctions de dommages disponibles pour l'habitat :**

- PER de Ablon-sur-Seine, Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, DDE du Val de Marne,
- Thèse de Jean-Philippe TORTEROTOT
- Etude Loire
- Etude Meuse

#### **Fonctions de dommages disponibles pour les entreprises :**

- Etude Loire
- Etude Seine (agrégation – donc simplification – des fonctions de l'étude Seine à la situation en Ile-de-France)
- Etude Meuse

#### **Fonctions de dommages disponibles pour les cultures et les sièges d'exploitations agricoles :**

- Etude Loire
- Etude Meuse

Les fonctions disponibles permettent de s'adapter soit à une approche zonage des enjeux soit à une approche par recensement des biens.

Pour chaque fonction, ou famille de fonction, le guide devra préciser :

- Son contexte d'élaboration.
- Les incertitudes dont elle est entachée (même si celles-ci sont difficiles à quantifier).
- Les contextes dans lesquels il est recommandé de privilégier cette fonction plutôt qu'une autre.

#### 4.3 La mise au point des fonctions de dommages

L'analyse coûts-bénéfices peut être conduite sur un territoire ayant subi récemment des inondations. Il peut alors être opportun que l'étude saisisse cette opportunité soit pour caler des fonctions de dommages existantes soit pour en mettre au point de manière spécifique à partir d'un travail de retour d'expérience.

Le guide pourrait alors proposer un cadre méthodologique pour la conduite de ces retours d'expérience orientés dommages, en précisant notamment :

- Les sources potentielles d'information pour chaque thème et la nature de l'information habituellement disponible.
- La nature et la qualité de l'information disponible habituellement auprès de ces sources.

Les points précédents consistent à exploiter les informations habituellement détenues par différents organismes (chambres consulaires, assureurs, services de l'Etat ou des collectivités, etc.) au lendemain d'une catastrophe importante, en raison du rôle que jouent ces organismes dans les procédures d'indemnisation et d'aides aux sinistrés.

Le guide pourrait également proposer les principales modalités pour que soit réalisées des enquêtes non plus auprès des détenteurs d'information mais directement auprès des sinistrés (habitants, chefs d'entreprises, agriculteurs, gestionnaires de réseaux, etc.).

En effet, l'information détenue par les organismes centralisant l'information sur les dommages concerne uniquement le montant des dommages (ou parfois uniquement le montant des aides et indemnités) et non les caractéristiques de l'aléa, ce qui permet d'élaborer des coûts moyens et non des fonctions de dommages (sauf à disposer par un autre biais d'information sur les aléas pour les différents types de bien étudiés). Par contre, l'information recueillie par enquête directe auprès des sinistrés permet en même temps de recueillir une information relativement précise sur les caractéristiques de l'aléa et ainsi d'apprécier des corrélations entre les paramètres physiques de l'inondation et l'ampleur des dommages.

Pour ce chapitre du guide, l'étude réalisée pour la SDPRM par LEOUD CONSULTANTS et EDATER pourrait être exploitée : Estimation des dégâts après « grands événements », octobre 2001.

Pourrait également être valorisée l'étude Meuse, à l'occasion de laquelle ce type de démarche a été conduite (retour d'expérience sur trois crues historiques récentes) afin de « caler » les fonctions de dommages existantes.

## Chapitre 5 : Le calcul des dommages

### 5.1 Les modalités de calcul

Ce chapitre présenterait les différentes modalités de calcul, par le croisement de l'approche hydraulique, de la topographie des territoires, de l'analyse des enjeux et de l'application de fonctions d'endommagement.

Il conviendrait d'insister sur l'outillage information (notamment les systèmes d'information géographique) nécessaire à ces calculs.

Un volet devrait être également consacré à l'estimation des erreurs, ou pour le moins au recensement des sources d'erreur possible (provenant du modèle hydraulique et du modèle numérique de terrain, de l'analyse des enjeux et des niveaux d'agrégations réalisés, des fonctions d'endommagement utilisés, des thèmes non traités).

### 5.2 Utilisation de ratios globaux ?

En fonction de la méthode retenue, l'évaluation des dommages dans le cadre de l'ACA peut avoir sous-estimée ou négligée tel ou tel enjeu. Par exemple, si l'approche a été conduite par retour d'expérience à partir d'inondations locales récentes, la disponibilité de l'information a pu conduire à des manques sur un thème ou un autre (par exemple, les données sur les dommages aux activités peuvent être indisponibles ou peu fiables).

A partir du poids relatifs du thème manquant dans des inondations historiques pour lesquelles on dispose d'un retour d'expérience sur les montants de dommages jugé satisfaisant, il peut être envisageable de pallier l'information manquante dans l'étude par l'utilisation d'un ratio.

Le guide pourrait ainsi présenter les informations disponibles pour les grandes inondations récentes avec la répartition des différents dommages. De telles informations sont notamment disponibles pour les catastrophes suivantes : Nîmes (1998), Aude (1999), Bretagne (2000-2001), Somme (2001), Gard (2002). D'autres catastrophes sont également renseignées, qu'il conviendrait de recenser (Orb, 1996, Ouvèze, 1992, etc.).

A partir de ces informations, il peut être possible, pour des situations données (crue océanique, crue méditerranéenne, territoire urbain comme Nîmes, territoire plus rural comme le Gard, etc.) d'extraire des ratios entre les différents dommages (poids relatif par rapport au coût global des dommages à l'habitat, aux entreprises, à l'agriculture, etc.). De tels ratios, bien que fort variables comme nous l'avons montré, pourraient pallier des informations manquantes dans des approches de type ACA.

Il pourrait être également opportun que le guide présente les résultats des évaluations obtenues sur les études disponibles (Loire, Seine, Rhône, Meuse, etc.) afin de proposer là aussi des ratios entre les différents dommages sur la base non plus d'études ex-post mais ex-ante.

## **2 – Préconisations pour améliorer les méthodes disponibles**

Le rapport a mis en évidence que les fonctions de dommages disponibles étaient soit peu solides (construites sur des approches statistiques probablement insuffisantes) soit incomplètes (certains thèmes ne sont pas abordés, comme les réseaux par exemple). Il a également mis en évidence que l'on ne disposait pas d'un « calage » des différentes méthodes disponibles sur des événements réels pour apprécier leur niveau de précision respectif.

C'est pourquoi les préconisations proposées pour améliorer les méthodes disponibles résident d'une part dans la tentative de calage de celles-ci et d'autre part dans l'amélioration ou la mise au point de fonctions de dommage.

## 2.1 Valider les méthodes existantes

Les différentes approches disponibles pour évaluer a priori les dommages potentiels provoqués par les inondations n'ont jamais fait l'objet d'une validation a posteriori. Il est donc impossible aujourd'hui de pouvoir prétendre que l'approche des enjeux par zones homogènes est plus pertinentes que le recensement de chaque bien ou l'inverse, ou bien que les fonctions d'endommagement par entité sont plus précises que les fonctions donnant un coût à l'hectare.

Pour apprécier les options méthodologiques les plus précises et pour quantifier le degré de précision de ces options il conviendrait de les tester sur un ou plusieurs événements historiques.

### 2.1.1 Première étape : documenter un sinistre de référence

Pour cela, il serait nécessaire dans un premier temps de très précisément documenter l'événement retenu. Cela passe par une enquête détaillée des dommages enregistrés sur le territoire sinistré : dommages subis par les particuliers, par les entreprises, par les équipements publics, par les réseaux, etc. Il conviendrait de pouvoir décliner le plus précisément possible ces montants de dommage, notamment au niveau spatial (recenser les dommages au minimum à l'échelle communale, voire à une échelle infra-communale si possible).

Des évaluations du coût des dommages ont bien été conduites au lendemain des catastrophes récentes et de grande ampleur (Aude, Bretagne, Somme, Gard). Malheureusement, les données collectées sont extrêmement agrégées et pour certains postes très approximatives (les dommages aux entreprises ou à l'agriculture notamment). Le niveau de précision rend probablement toutes comparaisons avec des évaluations issues des méthodes de calcul existantes très incertaines.

Ces évaluations reposent sur des enquêtes auprès des principaux détenteurs d'information dont la mission est de centraliser les informations relatives aux dommages en vue de solliciter des aides dans un premier temps, de gérer les dossiers d'aides dans un second temps. (Cf. l'étude Estimation des dégâts après « grands événements », Edater-Ledoux Consultants, MEDD-SDPRM, 2001).

Dans la perspective de valider les méthodes de calcul, il est suggéré qu'une enquête particulière soit prévue, dont la méthodologie devrait être élaborée au préalable. Une telle enquête devra être diligentée de manière officielle afin de pouvoir accéder aisément aux différentes sources d'information.

Dans cette phase, il sera indispensable de très correctement documenter également l'événement dans sa composante aléa : cartographie des zones inondées, recueil des principales caractéristiques hydrauliques (hauteurs d'eau notamment).

### 2.1.2 Seconde étape : évaluer par différentes méthodes le coût des dommages sur le territoire de référence

La seconde phase de la validation consistera à évaluer le coût des dommages sur le territoire sinistré et ayant fait l'objet de l'enquête telle que décrite précédemment, à partir de différentes options méthodologiques. L'aléa utilisé devra naturellement être celui observé.

Ces options méthodologiques porteront sur :

- Le mode de recensement et de caractérisation des enjeux (approche par zone homogène / approche par dénombrement des biens).
- Les fonctions d'endommagement.

L'application de ces différentes approches permettra d'obtenir plusieurs évaluations du coût global des dommages, déclinés en sous-totaux pour chacun des thèmes (habitat, entreprises, équipements, etc.). Ces résultats permettront dans un premier temps d'apprécier la plus ou moins grande dispersion des résultats et de savoir à quels thèmes cette dispersion est imputable.

Dans un second temps, ces résultats seront comparés à ceux obtenus lors de l'enquête, ce qui permettra d'apprécier les plus proches de la « réalité » et donc les méthodes fournissant la meilleure précision. Les résultats obtenus par les simulations pourront être discutés avec différents organismes locaux afin de cerner les éventuels biais méthodologiques et sources d'erreurs (organismes consulaires ayant une bonne connaissance du tissu des entreprises, services de la DDE ayant suivi les réparations sur les équipements publics, assureurs ou experts d'assurance locaux, etc.).

Afin de mieux fonder les conclusions auxquelles un tel exercice permettrait d'aboutir, il conviendrait probablement de mener cette expérience sur plusieurs événements et non sur un seul.

## 2.2 Améliorer ou mettre au point des fonctions de dommages

### 2.2.1 La nécessité d'améliorer

C'est dans le domaine de l'habitat que les fonctions de dommages sont les plus nombreuses. La validation proposée précédemment devrait permettre d'apprécier celles qui sont les plus précises. Il n'est pas impossible cependant que des améliorations soient nécessaires, notamment pour distinguer des fonctions spécifiques aux inondations provoquées par des crues « rapides » (survenance de la pointe de crue en quelques heures, vitesse du courant élevée, durée de submersion courte) de celles provoquées par des crues « lentes » (plusieurs jours de montée des eaux, vitesse du courant faible, durée de submersion de plusieurs jours).

Un point notamment mériterait d'être approfondi : les fonctions de dommages sont-elles des fonctions continues ou existe-t-il des effets de seuil significatifs ? Autrement dit, les dommages à l'habitat (mais le raisonnement peut-être conduit pour d'autres thèmes, comme les entreprises ou certains équipements publics) changent-ils d'ampleur de manière importante lorsque l'on franchit un ou des seuils liés à l'aléa (il semble qu'au delà d'un mètre d'eau, les dommages soient très significativement aggravés et ne varient guère lorsque les hauteurs augmentent – jusqu'à atteindre les plafonds puis l'étage supérieur).

Dans d'autres domaines, des améliorations mériteraient probablement d'être recherchées, comme pour les dommages aux entreprises, et des fonctions devraient être mises au point (dommages aux équipements publics par exemple).

### 2.2.2 Les démarches pour améliorer les fonctions de dommages

Deux axes peuvent être envisagés pour améliorer ou créer de nouvelles fonctions.

Le premier repose sur le retour d'expérience. Cela consiste à diligenter sur des territoires venant d'être inondés des missions de recueil de données sur les dommages enregistrés par les différents biens sinistrés, à l'instar de ce qui se fait dans le domaine du sismique par exemple. L'enquête vise à collecter à la fois les caractéristiques de l'aléa au droit du bien considéré et les caractéristiques des dommages (nature et coût), afin de pouvoir construire des corrélations entre aléa et endommagement.

Ce type de travail est assez lourd, nécessite du personnel disponible au lendemain d'une inondation et une méthodologie d'enquête préalable. L'intérêt réside, au delà de l'objectif de construction de fonctions de dommages solides et indiscutables, dans la collecte d'autres informations utiles à la prévention : il est possible par exemple d'identifier les matériaux ou les modes de construction les plus résistants à la submersion, ce qui peut permettre de déboucher sur des préconisations en terme de réduction des vulnérabilités. Il serait possible également de mieux apprécier l'intérêt de l'alerte sur la réduction des dommages, en comparant différents secteurs en fonction de la présence ou non d'un dispositif d'alerte des populations.

## 2.3 Travailler sur les autres bénéfiques

Pour l'essentiel, les bénéfiques potentiels étudiés dans le cadre d'une ACA appliquée à un projet d'aménagement hydraulique se limitent à la réduction des dommages aux biens et aux activités (sous l'angle perte d'exploitation).

Aucun des autres bénéfiques qu'est susceptible de procurer une protection n'est étudié, faute de méthode disponible.

Pourtant, ces autres bénéfiques peuvent être importants, du point de vue des habitants exposés, même s'il est difficile de leur attribuer une valeur monétaire.

Le premier de ces bénéfiques réside, pour les crues rapides du Sud-Est de la France notamment, dans la réduction du risque humain. Pour cet aspect, la difficulté ne vient pas tant de la valorisation d'une vie (il est possible de s'inspirer pour cela d'autres thématiques, comme la sécurité routière) mais de la modélisation de ce risque en matière d'inondation. Les catastrophes de l'Aude et du Gard ont montré que la moitié des décès était imputable à des déplacements. Des études plus poussées de ces événements permettraient peut-être d'arriver à des corrélations entre la mortalité lors de ce type d'événement et certains paramètres.

Le second bénéfice réside probablement dans l'atténuation des effets psychologiques imputables à l'inondation. C'est essentiellement à partir de la catastrophe de l'Aude (1999) que l'on a mieux pris conscience de l'impact psychologique des inondations sur les populations (notamment les enfants et d'autres catégories de personne), à travers la nécessité du soutien psychologique qui se met dorénavant systématiquement en place. La mesure de ces impacts s'esquissent tout juste et l'on est probablement très loin de pouvoir prétendre à une modélisation – ou une quantification – de ces impacts.

Une façon indirecte serait peut-être de mener des évaluations contingentes sur des populations sinistrées, pour apprécier leur consentement à payer afin d'éviter de subir à nouveau de tels traumatismes psychologiques.

### 3 – Quel intérêt à poursuivre l'exploitation des expériences étrangères ?

L'expérience anglaise met en évidence l'intérêt de systématiser et d'organiser le retour d'expérience dans une optique de recueil de données sur les dommages, corrélées avec les paramètres hydrauliques, afin d'élaborer, à partir de ces informations, des fonctions d'endommagement régulièrement mises à jour.

Ce travail n'a été rendu possible que par la mission confiée par les pouvoirs publics à un organisme de recherche de mener ce retour d'expérience systématique. Malgré cela, les critiques ne manquent pas vis-à-vis des résultats disponibles et il semble bien que l'obsolescence très rapide des fonctions lorsque les mises à jour ne sont pas suffisamment systématiques constitue un handicap pour une exploitation directe en France de celles-ci.

C'est donc plutôt dans la méthode de recueil des données de retour d'expérience puis dans les méthodes d'élaboration des fonctions d'endommagement qu'il conviendrait de s'inspirer de l'expérience anglaise.

D'une façon générale, l'accès aux fonctions d'endommagement depuis la France n'est pas toujours aisé, celles-ci n'étant pratiquement jamais accessibles en ligne. De plus, il est nécessaire de disposer, au-delà de leur accès, des conditions de leur élaboration et d'un dire d'expert sur leurs limites afin de pouvoir éventuellement les comparer précisément à celles élaborées en France.

Les expériences étrangères semblent également montrer que les approches économiques s'engagent de plus en plus dans l'appréciation des dommages indirects et surtout des dommages intangibles, sans que des méthodes standard soient encore parfaitement disponibles. Plus encore, les approches coûts-avantages semblent également complétées par des approches multicritères, traduisant la volonté d'intégrer dans l'appréciation de l'opportunité d'aménagement de protection des composantes autres que monétaires (sociales, environnementales). Cette évolution traduit très certainement une position critique vis-à-vis des approches classiques par la méthode coûts-avantages, bien que celle-ci ne semble pas encore fondamentalement remise en cause, et la recherche d'approches plus complètes, prenant mieux en compte l'ensemble des composantes nécessaires à une meilleure aide à la décision. Une meilleure compréhension des contextes décisionnels justifiant cette évolution et une meilleure appréciation des conditions de mise en œuvre de ces approches pourraient être extrêmement utiles. Notamment lorsque l'on songe qu'une telle approche avait été proposée par l'Equipe Pluridisciplinaire mais non retenue par les membres du Plan Loire.

Il conviendrait également de s'intéresser de près aux démarches plutôt encore expérimentales, mais plus développées qu'en France, des approches par la méthode d'évaluation contingente ainsi que celle des prix hédoniques.

L'un des principaux enseignements des expériences étrangères semble être que le développement des approches coûts-avantages est très lié soit à une obligation réglementaire de les réaliser (puisqu'elles conditionnent l'accès aux subventions), soit à une très forte incitation par les pouvoirs publics nationaux, avec mise à disposition des guides méthodologiques nécessaires. Mais il est difficile d'apprécier si les résultats de ces approches coûts-avantages sont réellement mobilisées dans le débat local, dans la concertation entre les acteurs, dans la définition d'un risque socialement acceptable. Il est probablement que la recherche d'un dépassement de ces approches coûts-avantages traduit non seulement la volonté de prendre en compte d'autres aspects que ceux purement monétaires mais aussi le souhait d'être moins « technocratique », moins réducteur et de mieux éclairer les débats locaux. C'est donc les processus de décision qu'il conviendrait de continuer à investir, afin de mieux cerner quels en sont les ressorts et quelle place y jouent les approches socio-économiques au sens large.

## BIBLIOGRAPHIE

Les documents de cette bibliographie sont classés de la manière suivante :

- Les documents à caractère méthodologique, réalisés dans le cadre d'études générales et recherches appliquées (1).
- Les études d'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, produites dans une perspective de connaissance, d'aide à la décision d'aménagement ou suite à des événements catastrophiques (2). Ces études, appliquées à des sites, sont classées par grands bassins hydrographiques (en considérant les territoires des Agences de l'eau).
- Les documents méthodologiques concernant l'évaluation des enjeux et de la vulnérabilité, réalisés dans le cadre des procédures réglementaires de prévention des risques (3).
- Quelques rapports récents réalisés lors des missions d'enquête diligentées par le gouvernement à la suite des catastrophes naturelles (4).
- Les documents de source anglaise (5)
- Les documents de source américaine (6)
- Les documents de source allemande (7)
- Les documents relatifs au cas australien (8)

### 1 – Etudes et recherches à caractère méthodologique

ARNAL C. et MASURE P. 1996. Approche intégrée des risques dus aux aléas naturels. Evaluation de l'impact économique et financier d'une catastrophe naturelle : le cas de Nîmes. BRGM. Ministère de l'environnement, 69 pages et annexes.

BAMBERGER D. 1987. Evaluation du coût des dommages indirects engendrés par la fermeture des voies sur berge en période de crue à Paris. Mémoire de DEA de l'Université Paris-Dauphine, réalisé à la Direction régionale de l'équipement d'Ile-de-France, 101 pages.

BCEOM. 1967. Essai sur le coût économique des crues. Ministère de l'équipement et du logement, trois volumes (104 pages, 193 pages, 186 pages)

BCEOM. 1969. Calculs de rentabilité appliqués aux aménagements de défense contre les eaux. Note de méthode provisoire valant instruction pour la justification des projets. Ministère de l'équipement et du logement. Direction des ports maritimes et des voies navigables. Service central hydrologique, 94 pages.

BCEOM. 1970. Recherches méthodologiques sur l'évaluation des coûts unitaires des dommages causés par les crues. Ministère de l'équipement et du logement. Direction des ports maritimes et des voies navigables. Service central hydrologique, 212 pages.

BCEOM. 1973. Evaluation des dommages d'inondation en France. Note produite dans le cadre du « Group of Experts on Flood Damage Prevention », 3-6 décembre 1973, 7 pages.

BCEOM. 1973. Approche rationnelle des décisions concernant les nuisances dues aux inondations. Essai méthodologique préliminaire. Ministère de l'aménagement du territoire, de l'équipement, du logement et du tourisme. Direction des ports maritimes et des voies navigables. Service central hydrologique, 37 pages.

BCEOM. 1977. Approche rationnelle des décisions concernant la lutte contre les nuisances dues aux inondations. Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire (deux volumes et annexes).

BCEOM. 1979. Mise en place d'un fichier national des dommages dus aux inondations. Ministère de l'environnement (Direction de la Pollution et des Risques). Service central de l'hydrologie et de l'environnement.

BCEOM. 1980. Lutte contre les nuisances des inondations : méthode sommaire d'évaluation des critères économiques valant instruction pour la justification des projets. Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie (Direction de la Pollution et des Risques). Service Central de l'hydrologie et de l'environnement, 28 pages et annexes.

BCEOM. 1980. Réorganisation et informatisation du fichier des dommages dus aux inondations. Document de travail réalisé pour le Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 8 pages.

BCEOM. 1984. Bilan économique des inondations en France, années hydrologiques de 1979 à 1982. Secrétariat d'Etat à l'environnement (Direction de la prévention des pollutions, Sous-direction des eaux continentales), 18 pages et annexes.

BCEOM. 1985. Informatisation du fichier national des dommages causés par les inondations. Secrétariat d'Etat à



l'environnement (Direction de la prévention des pollutions, Sous-Direction des eaux continentales).

BRAUN E., JAMET B., LAHMINÉ N et PARAY A. 1999. L'évaluation économique du risque d'inondation. Mémoire d'étude de l'ENGREF réalisé pour le CEMAGREF de Lyon, 62 pages.

CEMAGREF. 1992. Inondabilité : modélisation des connaissances hydrologiques et hydrauliques en vue de la confrontation risques-besoins de protection directe. Synthèse cartographique. Rapport du CEMAGREF de Lyon, 195 pages.

COMBE P.M. 1998. Economic valuation of the maximum acceptable risk. Université de Bourgogne (LATEC). Rapport établi dans le cadre du projet de recherche FLOODAWARE. Commission des communautés européennes, 28 pages.

COMBE P. M. 1999. Réduction du risque d'inondation et méthode contingente, éléments d'information et de réflexion. Université de Bourgogne (LATEC).

DELEUZE C., FOTRE C., NUTI I., PIETRO F. 1991. Evaluation de fonctions de coûts économiques des dommages aux cultures dus aux inondations. Mémoire d'étude de l'ENGREF réalisé pour le CERGRENÉ, 50 pages.

DESBOS E. 1995. Qualification de la vulnérabilité du territoire aux inondations. Recherche d'un cadre théorique. Mémoire de DEA de l'INSA de Lyon réalisé au CEMAGREF de Lyon, 44 pages et annexes.

GAROLA-GIUGLARIS P. 1984. Problématique du risque et incertitude à propos de l'évaluation socio-économique des dommages dus aux inondations. Thèse de doctorat de l'ENPC, 319 pages.

GENDREAU N., LONGHINI M. et COMBE P.M. 1998. Gestion du risque d'inondation et méthode inondabilité : une perspective socio-économique. Article publié dans la revue « Ingénierie Eau-Agriculture-Territoire », n° 14, pp 3-15.

GILARD O. 1992. La méthode inondabilité : présentation générale. Note du CEMAGREF de Lyon, 5 pages.

GILARD O. et al. 1996. Guide pratique de la méthode inondabilité. Rapport du CEMAGREF de Lyon pour les Agences de l'eau et le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Etude inter-Agences n° 60, 158 pages.

HUBERT G., HUMBERT B. et PICHERAL I. 1995. Le risque d'inondation pluviale urbaine : les facteurs socio-économiques. Rapport du CERGRENÉ pour le Ministère de l'environnement (DGAD-SRAE), 71 pages et annexes.

HUBERT G. et PICHERAL I. 1995. Evaluation des dommages liés aux inondations pluviales urbaines. Exploitation des données d'enquêtes. Rapport du CERGRENÉ réalisé dans le cadre du projet de recherche EUROFLOOD 2. Commission des Communautés Européennes, 67 pages et annexes.

HUBERT G. 1997. Le risque d'inondation pluviale, étude des facteurs socio-économiques). Article publié dans l'ouvrage « Risques et réseaux techniques urbains » (sous la direction de Blanchet P). Lyon : CERTU, collection débats, pp 80 à 93.

LAGLAINE V. 1996. Evaluation de l'impact des projets de lutte contre les inondations sur la réduction des dommages. Analyse des incertitudes sur les résultats. Rapport du CERGRENÉ réalisé dans le cadre du projet de recherche EUROFLOOD 2. Commission des Communautés Européennes, 70 pages et annexes.

LONGHINI M. 1997. Analyse micro-économique de la vulnérabilité aux inondations. Recherche d'un cadre théorique sur le cas agricole. Rapport du CEMAGREF de Lyon et du LATEC (Université de Bourgogne), 82 pages.

MACGILCHRIST R. 1985. Vers une meilleure évaluation et planification des projets de lutte contre les inondations : le problème de la prise en compte du risque. Rapport du CERGRENÉ pour le Ministère de l'urbanisme et du logement, le Ministère de l'environnement et le Groupe prospective, deux volumes (68 pages, 60 pages).

MAISTRE P. 1997. Gestion du risque d'inondation. Approche méthodologique. Centre régional universitaire de formation permanente du Languedoc-Roussillon, 74 pages.

MARCO O. et PENEL M. 1992. Aspects socio-économiques de la gestion des risques naturels. Actes du séminaire sur les risques naturels organisé par l'ENGREF et le CEMAGREF (octobre 1991). Collection études du CEMAGREF, série Montagne n°2, 151 pages.

MUNIER B. et al. 1997. Les méthodes coûts-bénéfices de la prévention des risques naturels. Rapport du GRID de l'École Normale Supérieure de Cachan, 294 pages.

MUNIER B. 1997. Réflexions sur l'économie de la prévention des risques et l'indemnisation des dommages. Article publié dans "La prévention des risques naturels", rapport de la Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publiques. Paris : La Documentation Française, pp 566-579.

ROUYERE M. 1995. Les transferts financiers liés à la gestion des espaces inondables, le cas de la vallée de l'Oise. Mémoire de DEA de l'Université Paris X et de l'ENGREF, 84 pages.

TORTEROTOT J.P. 1988. Organisation et réalisations d'enquêtes sur les dommages dus aux inondations. Rapport du CERGRENÉ pour le Secrétariat d'État auprès du Premier ministre chargé de l'environnement (SRETIE) et le

Secrétariat d'Etat à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs (DEPPR, DRM), 49 pages et annexes.

TORTEROTOT J.P. et THOMAS C. 1988. Saisie et contrôle des données d'enquêtes sur les dommages dus aux inondations. Rapport du CERGRENE pour le Secrétariat d'Etat auprès du Premier ministre chargé de l'environnement (SRETIE) et le Secrétariat d'Etat à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs (DEPPR, DRM), 45 pages et annexes.

TORTEROTOT J.P. 1989. Inondations et facteurs humains : quelles orientations pour des observatoires ? Rapport du CERGRENE pour le Secrétariat d'Etat auprès du Premier ministre chargé de l'environnement (SRETIE) et le Secrétariat d'Etat à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs (DEPPR, DRM), 40 pages et annexes.

TORTEROTOT J.P. 1989. Modélisation et évaluation du coût des dommages dus aux inondations à l'échelle d'un bief de cours d'eau. Rapport du CERGRENE pour le Secrétariat d'Etat auprès du Premier ministre chargé de l'environnement (SRETIE) et le Secrétariat d'Etat à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs (DEPPR, DRM), 31 pages et annexes.

TORTEROTOT J.P. 1993. Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes. Thèse de doctorat de l'ENPC, 283 pages et annexes.

## **2 – Etudes générales d'évaluation des impacts socio-économiques des inondations**

### Bassin Adour-Garonne

BAGHERZADEH-BORNER M. 1985. Rapport d'enquête sur les inondations de Montauban du 9 novembre 1982. Rapport du CERGRENE pour le Ministère de l'environnement (Délégation aux risques majeurs), 25 pages et annexes.

BCEOM. 1971. Evaluation des dommages de crue dans le bassin de la Garonne. Agence Financière de Bassin Adour-Garonne.

BCEOM. 1984. Evaluation des dommages de crue de l'Adour en milieu rural. SRAE Aquitaine. Institution Interdépartementale pour l'Aménagement hydraulique du Bassin de l'Adour.

DEBIZET G. et CAUDE G. 1986. Simulation des dommages en zone urbaine inondable. Application au quartier de Sapiac à Montauban. Rapport du CERGRENE pour le Ministère de l'environnement (Délégation aux risques majeurs), 73 pages et annexes.

SMEPAG. 1989. Schéma de protection contre les eaux de la Garonne. Monographie des crues de la Garonne. Syndicat mixte d'étude et de programmation pour l'aménagement de la Garonne.

### Bassin Loire-Bretagne

ASCA. 1996. Connaissance des activités économiques dans les vals inondables de la Loire moyenne. Rapport méthodologique et résultats de l'étude test. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, deux volumes (19 pages et annexes, 22 pages et annexes).

ASCA. 1997. Caractérisation de la vulnérabilité à l'échelle des entreprises. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne.

ASCA. 1998. Evaluation des enjeux et des dommages directs potentiels pour les activités économiques des vals de la Loire moyenne. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 22 pages et annexes.

ASCA. 1998. Evaluation des enjeux et des dommages agricoles liés à une inondation des vals de la Loire moyenne. Rapport méthodologique et principaux résultats. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 38 pages.

ASCA. 1998. Evaluation de la dynamique économique des communes riveraines de la Loire moyenne. Méthodologie et application à 13 communes. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 78 pages.

BCEOM. 1973. Evaluation des dommages de crue dans la vallée du Cher. Agence Financière de Bassin Loire-Bretagne.

BCEOM. 1978. Etude des dommages d'inondation dans la vallée de la Charente. Cas de la ville de Saintes. DDE de Charente-Maritime.

- BCEOM. 1984 et 1985. Aménagement d'un couloir d'écoulement des crues de la Charente en aval de Saintes. Etude économique. Dimensionnement optimal de la trouée (1984). Rentabilité des aménagements (1985). DDE de Charente-Maritime.
- BCEOM. 1994. Etude de la vulnérabilité des zones inondables du Val d'Orléans et du Val de Bou. Phase 1 : vulnérabilité humaine. DDE du loiret, 21 pages.
- BCEOM. 1996. Rivière Borne. Aménagement de la rivière de la Borne, en vue de la réduction des dégâts liés aux crues. District du Puy-en-Velay.
- BCEOM. 1997. Etude en vue de réduire les dégâts liés aux crues de la rivière du Dolaizon. District du Puy-en-Velay et DDE de Haute-Loire.
- BLC. 1997. Caractérisation et évaluation des dommages à l'habitat en Loire moyenne. L'apport des experts d'assurances. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 13 pages et annexes.
- BLC. 1997. Evaluation des dommages aux activités à travers l'approche assurantielle. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, trois volumes (17 pages, 64 pages, 31 pages).
- BLC. 1998. Réflexions préalables à la définition d'une stratégie de réduction de la vulnérabilité aux inondations de la Loire moyenne. Equipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne (non paginé).
- BLC et TED ALITEC. 1998. Etude sur l'évaluation des dommages indirects liés aux inondations de la Loire moyenne. Evaluation sur les finances locales des inondations. Etudes des conditions de la gestion post-catastrophe. Equipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 125 pages et annexes.
- CNR. 1998. Etude des crises hydrologiques du bassin versant de la Maine. EPALA et DIREN Centre, 52 pages.
- DENIER A. 1987. Le coût des inondations. L'exemple du département de la Nièvre. Chambre d'Agriculture de la Nièvre. Communication aux Journées nationales d'étude de l'AFEID sur « La protection contre les crues et l'aménagement des vals d'inondation ».
- DEVAUX-ROS C. 1998. Evaluation des enjeux et des dommages potentiels liés aux inondations de la Loire moyenne. Méthodes et principaux résultats. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 46 pages et annexes.
- DEVAUX-ROS C. 1998. Démarche adoptée pour le volet économique de l'étude Loire moyenne et études associées. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 20 pages et annexes.
- Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. 1999. Etude de la propagation des crues et du risque d'inondation en Loire moyenne. Enjeux et dommages dans le lit de la Loire. Préfecture de la région Centre. EPALA. Agence de l'eau Loire-Bretagne, (plaquette parue en juin 1999).
- Equipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. 1999. Atlas des enjeux exposés au risque d'inondation de la Loire moyenne. Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne (document à paraître).
- HUBERT G. et LAGLAINE V. 1996. Caractérisation économique des enjeux liés aux inondations de la Loire sur les agglomérations de Tours et d'Orléans. Approche méthodologique. Rapport du CERGNE pour l'Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, 55 pages.
- LANGUMIER. 1997. Méthode d'évaluation des enjeux et des dommages directs potentiels, pour les services d'eau, de divers scénarios de gestion des crues de la Loire moyenne. Rapport d'ECODECISION pour l'Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, 16 pages et annexes.
- LANGUMIER. 1998. Evaluation de coût des secours en cas de crue de la Loire moyenne à partir d'une étude de cas (la crue de la Vilaine de janvier 1995). Rapport d'ECODECISION pour l'Equipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, 11 pages.
- PICARD J. 1987. Protection des vals de Loire contre les inondations. L'évaluation des pertes économiques dues aux inondations. EPALA. Communication aux Journées nationales d'étude de l'AFEID sur « La protection contre les crues et l'aménagement des vals d'inondation ».
- SODEXPER et CERGNE. 1995. Evaluation économique des politiques alternatives dans le domaine de la prévention des dommages dus aux inondations sur le bassin Loire-Bretagne. Etude réalisée dans le cadre du SDAGE Loire-Bretagne pour l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, 82 pages.

Bassin Rhin-Meuse

- BCEOM. 1971. Evaluation des dommages de crue dans la vallée de la Sarre. Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse.
- BCEOM. 1972. Etude économique des inondations dans le bassin de l'III. Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse.
- BCEOM. 1973. Etude économique des inondations dans le bassin de l'III. Préjudices causés par les crues. Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse.
- BCEOM. 1987. Evaluation des dommages dus aux inondations de la Bruche et de l'III dans l'agglomération strasbourgeoise. Service de la Navigation de Strasbourg.
- BCEOM. 1990. Dommages de crues dans le bassin de la Moselle. Ministère de l'environnement. Service de la navigation de Nancy. Agence de l'eau Rhin-Meuse. DDE de la Moselle, 251 pages.

Bassin Rhône-Méditerranée-Corse

- BCEOM. 1970. Coût d'une crue sur le bassin de l'Orb. Service Hydraulique Centralisateur.
- BCEOM. 1970. Essai d'évaluation des dommages d'inondation par photo-interprétation avec échantillonnage au sol. Application à la vallée de l'Orb. Agence de Financière de Bassin RMC.
- BCEOM. 1983. Aménagement de l'Isère. Etude des dommages d'inondation à Grenoble et à Saint-Martin-d'Hères. DDE de l'Isère.
- BCEOM. 1983. Essai sur le coût économique des crues du bassin de l'Aude. DDE et DDAF de l'Aude.
- BCEOM. 1992. Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhony. Lutte contre les inondations des hautes terres du Vistre. DDE du Gard et Syndicat mixte d'étude pour l'aménagement du Vistre Rhône.
- BCEOM. 1994. Bassin versant du Coulazou. Evaluation des risques d'inondation. Faisabilité de barrages-écrêteurs de crues. Conseil Général de l'Hérault.
- BCEOM et BLC. 1997. Schéma de restauration, d'aménagement, de gestion et d'entretien du bassin de l'Ouvèze. Syndicat Intercommunal du Bassin de l'Ouvèze (non paginé).
- BEGEAT. 1993. Protection contre les crues de la Basse Vallée de L'Argens. Etude économique. Analyse Coût-Avantages. Conseil Général du Var (Direction de l'environnement et de l'équipement rural).
- BLC. 1997. Etude des impacts économiques de la crue de l'Ouvèze et des rivières du Mont-Ventoux. Schémas de restauration, d'aménagement, de gestion et d'entretien du bassin de l'Ouvèze et des bassins versants de la Grande Levade et de l'Auzon. DDAF de Vaucluse, SIMV et SIABO (non paginé).
- COMBE P.M. 1997. De la lutte contre les inondation à la gestion globale de l'inondabilité : les bénéfices économiques. Etude réalisée par le LATEC (Université de Bourgogne), dans le cadre du volet économique du SDAGE RMC, pour l'Agence de l'eau RMC.
- EURECA. 1994. Evaluation des préjudices liés aux inondations. Application aux bassins versants de l'Huveaune, du Jarret et des Aygalades. Réflexions pour la mise en place d'une stratégie d'aménagement dans le cadre du Schéma directeur des bassins pluviaux de Marseille. Ville de Marseille (Service d'assainissement), 24 pages et annexes.
- IPSEAU, Etapes Environnement, NICAYA et BLC. 1997. Schéma d'aménagement, de gestion et d'entretien des bassins versants de la Grande Levade et de l'Auzon. Syndicat Intercommunal du Bassin Sud-Ouest du Mont Ventoux (non paginé).
- SOGREAH. 1994. Aménagement de l'Isère dans la vallée du Grésivaudan. Etude d'impact économique. Association départementale Isère-Drac-Romanche, 48 pages et annexes.
- SIEE et BLC. 1997. Etude économique des crues de l'Orb de décembre 1995 et de janvier 1996. Conseil Général de l'Hérault.

Bassin Seine-Normandie

- ACL audit. 1995. Rapport d'étude sur le coût des inondations (1982-1992). Agence de l'Eau Seine-Normandie, 31 pages.
- BCEOM. 1971. Dommages causés par la crue de la Seine de mars 1970 en amont de Paris. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie.
- BCEOM. 1983. Cours d'eau du Bassin de Seine Normandie. Coût moyen annuel des dommages dus aux inondations. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie.
- BCEOM et SAGERI. 1997. Etude économique des crues de l'Orne. Rapport final. Syndicat mixte de lutte contre les

inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant, 42 pages.

BETURE SETAME et HYDRATEC. 1985. Schéma d'aménagement hydraulique du bassin de la Marne. Protection contre les inondations. Vallées principales, affluents aval, vallées supérieures. Entente Interdépartementale pour l'Aménagement de la Rivière Marne et de ses Affluents.

BLC et EDATER. 1999. Approche qualitative des impacts économiques des inondations sur le bassin de la Seine. Etude test sur le département du Val-de-Marne. Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine (étude en cours).

EDATER. 1998. Evaluation des populations touchées par une crue de la Marne. DDE de Seine-Saint-Denis, 32 pages.

HYDRATEC, SIEE et Territoires Conseil. 1998. Impact des ouvrages existants et futurs de l'IIBRBS sur les dommages liés aux crues en Région Ile-de-France. Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine, Agence de l'eau Seine-Normandie, DIREN Ile de France, Ministère de l'environnement (Direction de l'eau) et Région Ile de France (3 rapports consacrés au volet socio-économique de l'étude).

SETAME et Centre départemental d'économie rurale de la Marne. 1983. Aménagement des eaux de la Marne moyenne. Protection contre les inondations et valorisation du potentiel agricole. Chambre d'Agriculture de la Marne. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie.

SIEE, SOCOTEC Environnement, Flood Hazard Research Centre, LHM et Territoires Conseils. 1994. Analyse empirique des désordres et dommages résultants des différentes crues de la Seine et de la Marne dans l'agglomération continue d'Ile de France. Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine, Agence de l'eau Seine-Normandie, Ministère de l'environnement et Région Ile de France (note de synthèse).

SIEE et Territoires Conseils. 1995. Evaluation des dommages relatifs aux crues de 1955 et de 1970. Complément d'étude. Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine.

SOGREAH. 1982. Aménagement des vallées de l'Aube et de la Seine. DDE et DDAF de l'Aube.

### **3 – Documents méthodologiques produits dans le cadre des procédures réglementaires de prévention des risques**

BAHOKEN F. 1997. Incidence des procédures de prise en compte du risque d'inondation sur les marchés fonciers locaux. Méthodologie appliquée à quatre communes de Seine-et-Marne. Rapport de thèse professionnelle du Mastère d'ingénierie et de gestion de l'environnement (ENSMP, ENPC, ENGREF) pour le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DPPR, SDRM), 80 pages et annexes.

CAUDE G. 1986. Vulnérabilité et plans d'exposition aux risques. Article publié dans l'ouvrage « La société vulnérable », Fabiani J.L. et Theys J. (sous la direction de). Presse de l'Ecole Normale Supérieure, pp 361-371.

CAUDE G et DEBIZET G. 1986. Eléments d'appréciation économique applicables aux plans d'exposition aux risques liés aux inondations. Rapport CERGRENE, 57 pages.

CAUDE G et DEBIZET G. 1986. Aspects économiques et sociaux liés aux risques naturels. Rapport du CERGRENE pour le Secrétariat d'Etat à la prévention aux risques naturels et technologiques majeurs, 57 pages.

CAUDE G. 1987. Calcul des dommages et de l'endommagement liés à l'analyse de la vulnérabilité aux risques naturels. Ministère délégué chargé de l'environnement (Délégation aux risques majeurs).

DREIF. 1986. Plan d'exposition aux risques naturels sur les communes d'Ablon-sur-Seine et de Villeneuve-le-Roi. Rapport n° 2 : simulation économique et propositions. Direction régionale de l'équipement d'Ile de France, 20 pages et annexes.

LEDOUX B. 1995. Bilan de la mise en œuvre des méthodologies d'élaboration des études de vulnérabilité dans le cadre des PER entre 1984 et 1994. Ministère de l'environnement (DPR, SDPRM), 160 pages.

Ministère de l'environnement. 1990. Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs. Documentation Française, 143 pages.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement ; Ministère de l'équipement, des transports et du logement. 1997. Guide général des Plans de prévention des risques naturels prévisibles. Documentation Française, 76 pages.

SAGERI. 1986. Déroulement de l'étude de vulnérabilité applicable dans le cadre des Plans d'Exposition aux Risques. Ministère délégué chargé de l'environnement (Délégation aux risques majeurs), 56 pages.

SAGERI. 1986. Contribution à l'établissement du plan de vulnérabilité applicable dans le cadre des Plans d'Exposition aux Risques. Ministère délégué chargé de l'environnement (Délégation aux risques majeurs), 63 pages.

SAGERI. 1988. Evaluation de la vulnérabilité. Ministère chargé de l'environnement (Délégation aux risques majeurs), 38 pages et annexes.

#### 4 – Rapports de missions d'enquête

Mission technique spécialisée, Secrétariat d'Etat chargé de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs. 1989 (mars). Les enseignements de la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988 (89 pages).

Conseil général des ponts et chaussées ; Ministère de l'équipement, du logement et des transports ; Ministère de l'environnement. 1992 (novembre). Les crues et les inondations du 22 septembre 1992 dans les départements de Vaucluse, de la Drôme et de l'Ardèche (92 pages et annexes).

Conseil général des ponts et chaussées, Ministère de l'environnement. 1994 (avril). Les inondations de la vallée du Rhône à l'aval de Lyon. Première partie : les inondations de la Camargue (22 pages et annexes).

Ministère de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, Ministère de l'environnement, Ministère de l'équipement, des transports et du tourisme. 1994 (mai). Mission inter-ministérielle sur les inondations de la vallée du Rhône en aval de Lyon d'octobre 1993 et de janvier 1994 - Rapport de synthèse (36 pages et annexes).

Conseil général des ponts et chaussées, Mission d'inspection spécialisée de l'environnement. 1998. L'analyse des causes et conséquences des événements hydrométéorologiques du 16 au 19 décembre 1997 sur les départements du sud de la France.

#### 5 – Les documents de source anglaise

(1) CHABERT L. 2002. L'utilisation des connaissances socio-économiques dans la politique de prévention des risques d'inondation, regard sur l'Angleterre. Rapport de DEA STE, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 73 p.

(2) COLE G., PENNING-ROWSELL E.C. 1981. The place of economic evaluation in determining the scale of flood alleviation works, in: ICE. Flood Studies Report 5 years on, London: Thomas Telford Ltd., pp. 143-151.

(3) CULLINGWORTH B. et NADIN V. 2002. Town and country planning in the UK, 13e édition, Londres: Routledge, 481 p.

(4) DAY H.J., CHATTERTON J.B., WOOD T.R., PENNING-ROWSELL E.C., FORD D. 1981. Comparative aspects of floodplain data management, Australia, United Kingdom and United States. Proceedings of the Water Resource Planning and Management Speciality Conference, American Society of Civil Engineers, San Francisco, August 1981, 11 p.

(5) DEFRA. 1999. Flood and Coastal Defence Project, Appraisal Guidance : Economic Appraisal. FCDPAG3, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, 76 p.

(6) DEPARTMENT FOR TRANSPORT, LOCAL GOVERNMENT AND THE REGIONS (DTLR). 2001. Planning Policy Guidance Note 25: Development And Flood Risk, DTLR, 33 p. + annexes

(7) DEPARTMENT OF ENVIRONMENT (DoE), MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (MAFF), WELSH OFFICE. 1992. Development and Flood Risk. DoE Circulaire 30/92. Londres, HMSO, 11 p.

(8) ENVIRONMENT AGENCY. 2001. Customer Charter. 3e édition. Environment Agency, 32 p.

(9) FHRC. 2001. Up-dating and modernising the « yellow/blue/red manuals » for appraising coastal defence and flood alleviation works. Advisory Group Meeting, Confidential, London, Middlesex University, Flood Hazard Research Centre, 58 p.

(10) GARDINER J.L. 1998. Developments in floodplain risk management: Decision-making in England and Wales. Proceedings of an International workshop on Floodplain Risk Management. Horishima 11-13 November 1996, pp. 291-306.

(11) GARDINER J.L. 1998. Floodplain management in the United Kingdom. United Kingdom Floodplains, Westbury Publishing, pp 17-26.

(12) GREEN C. 2001. Flood management and social issues. Report, Middlesex University, Flood Hazard Research Centre, non paginé.

(13) GREEN C. 1995. Assessing Vulnerability to Flooding: Nodes and Networks. Paper presented at the IDNDR Workshop, Royal Society, London, non paginé.

(14) GREEN C. 1994. Recent developments in multi criteria and multi attribute utility analysis. Paper presented at the Civil Service College, non paginé.

(15) GREEN C.H., PENNING-ROWSELL E.C. 1989. Flooding and the quantification of « intangibles ». In : Journal of the Institution of Water and Environment Management, Volume 3, n°1, pp.27-30

- (16) HANDMER J. 1999. Negotiating the Local-Central Government Relationship: Experience from Flood Hazard Management. The Challenge of Environment in Urban Areas, Eds: A. Atkinson, J.O. Davila, E. Fernandes and M. Mattingly, pp. 237-249.
- (17) HANDMER J. 1996. Policy design and local attributes for flood hazard management. Contingencies and Crisis Management. Blackwell Publishers Ltd, volume 4 (4) pp. 189-197.
- (18) HUBERT G. et LEDOUX B. 1999. Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Agence de l'Eau Seine-Normandie et Grands Lacs de Seine. Paris, Presses des Ponts et Chaussées, 232 p.
- (19) INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. 2001. Learning to live with rivers, ICE, 84 p.
- (20) ODPM. 2002. Flood Management Division System. Scheme Prioritisation System, ODPM, 8 p.
- (21) PARKER D, GREEN C., THOMPSON P. 1987. Urban Flood Protection Benefits, a project appraisal guide, Gower, 284 p.
- (22) PENNING-ROUSELL E., CHATTERTON J. 1977. The Benefits of Flood Alleviation, a manual of Assessment Techniques, Gower, 297 p.
- (23) PENNING-ROUSELL E.C, CHATTERTON J.B. 1980. Assessing the benefits of flood alleviation and land drainage schemes. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2, 69, pp. 1051-1054.
- (24) PENNING-ROUSELL E.C, GREEN C. 1990. Benefit cost analysis of flood alleviation: a changing art. International Commission on Irrigation and Drainage. Institution of Civil Engineers. London, 21 February 1990, 10 p.
- (25) PENNING-ROUSELL E.C. 1998. Politique de L'eau: Le Contraste Franco-Britannique. Les politiques d'environnement. Evaluation de la première génération: 1971-1995, Editions Recherches, pp 91-105.
- (26) PENNING-ROUSELL E.C, GREEN C. 2000. New insights into the Appraisal of flood-alleviation benefits: (1) flood damage and flood loss information, Journal of the Institution of Water and Environmental Management, pp. 347-353.
- (27) PENNING-ROUSELL E.C, GREEN C. 2000. New insights into the Appraisal of flood-alleviation benefits: (2) the broader context. Journal of the Institution of Water and Environmental Management, pp. 354-361.
- (28) PENNING-ROUSELL E.C, PARKER D.J., THOMPSON P.M. and GREEN C. 1988. Flood loss data and models for appraising flood alleviation investment: explanation and critical evaluation. Paper presented to the 39th Meeting International Commission on Irrigation and Drainage, Dubrovnik, Yugoslavia, 25 September - 2 October 1988, non paginé.
- (29) PENNING-ROUSELL E.C. 1999. Evaluating the socio-economic impacts of flooding. The situation in England and Wales in HUBERT G. et LEDOUX B. 1999. Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. 232 p.
- (30) TAPSELL S.M., TUNSTALL S.M., PENNING-ROUSELL E.C., HANDMER J.W. 1999. The health effects of the 1998 Easter flooding in Banbury and Kidlington. Report to the Environment Agency, Thames Region, Middlesex University, Flood Hazard Research Centre, 96 p.
- (31) THOMPSON P.M., WIGG A.H., PARKER D.J. 1991. Urban flood protection post project appraisal in England and Wales. Project Appraisal, Volume 6 (2), pp. 84-92.

## 6 – Les documents de source américaine

Sont donnés ici l'ensemble des références rencontrées qui aient en commun de traiter de l'évaluation des inondations aux Etats-Unis, même celles issues de la littérature universitaire et qui n'ont pas été détaillées dans le corps de ce chapitre. Sont notamment incluses les références aux travaux, encore à ce jour exploratoires, concernant la méthode d'évaluation contingente ainsi que celle des prix hédoniques. Cette bibliographie est issue du travail de thèse réalisé par Frédéric Grelot.

Autant que faire se peut, les abstracts ont été donnés, ainsi que des mots clés indicatifs.

1. Allee, D. J.; Osgood, B. T., et al. (1980). Human Cost Assessment - The impact of flooding and nonstructural solutions Tug Fork Valley West Virginia and Kentucky, U.S. Army Corps of Engineers.

Mots clés Inondation; U.S.A

2. Appelbaum, S. J. (1985). "Determination of urban flood damages." Journal of Water Resources Planning and Management 111(3): 269-283.

Mots clés Coût des dommages; Inondation; Vulnérabilité; U.S.A

Résumé A new methodology and computer programme, DAPROG 2, have been developed by the Baltimore District, Corps. of Engineers to estimate urban flood damages. Stage damage relationships are computed for

*individual residential and commercial properties. These individual relationships are then aggregated into composite stage damage relationships for an entire reach. For residential properties, replacement values for the structure and contents are estimated and applied to depth percent damage relationships in order to develop stage damage relationships. Regression equations have been developed to estimate structure replacement cost from physical attributes which are easily obtained in the field. Contents values are also estimated from the data obtained in the field. For commercial properties, standard stage damage relationships for 67 types of businesses are used. Utility and transportation damages and emergency care costs are also computed. The computer programme is interactive and allows the user to correct data errors online. The program has several optional features and reports which are selected by the user. DAPROG 2 has been successfully used by the Baltimore District in several flood control studies. DAPROG 2 has also been used by other Corps District and state agencies.*

**3.** Blocker, T. J. et Rochford Jr., E. B. (1986). A critical evaluation of the measurement of the human cost of flooding. Tulsa District, U.S. Army Corps of Engineers.

Mots clés Coût des dommages; Inondation; Risque humain; U.S.A

**4.** Graham, W. J. (2000). "Should Dams Be Modified for the Probable Maximum Flood?" Journal of the American Water Resources Association 36(5): 953-963.

Mots clés Inondation; U.S.A

**5.** Muckleston, K. W. (1983). "The impact of floodplain regulations on residential land values in Oregon." Water Resources Bulletin 19(1): 1-7.

Mots clés Inondation; Marché de l'immobilier; U.S.A

Résumé *The impact of floodplain regulations on mean appreciation rates of residential land values was tested at six study areas in five counties in western Oregon. The study hypothesis that such regulations significantly depress appreciation rates of regulated lands relative to those of similar unregulated lands was in most cases rejected. When the hypothesis was accepted circumstances would render conclusions tenuous. The problems and issues facing this type of research are presented in case studies of two of the research study areas. The following factors challenge investigators seeking to resolve questions about the relationship between land use regulations and land values: varying degrees of stringency with which regulations are enforced; unequal assessment procedures between counties; influences external to floodplain regulations may affect appreciation rates, including denial of permits for septic tanks, flood damages, and amenity values associated with waterfront locations; and the uncertain effect that the availability of flood insurance, which accompanies floodplain regulations, has on land values.*

**6.** Olsen, J. R.; Beling, P. A., et al. (2000). "Dynamic models for floodplain management." Journal of Water Resources Planning and Management 126(3): 167-175.

Mots clés Contrôle des risques; Inondation; Modélisation; U.S.A

Résumé *A dynamic model of floodplain management is shown to address nonstationary conditions, including land-use changes, channel modifications, economic development, and climate change and variability. The dynamic approach permits zoning, levee construction, and other decisions to be made sequentially, rather than only at the present. The dynamic model is formulated as a Markov decision process. A single-floodplain, single-objective, stationary model is extended to include multiple floodplains, nonstationarity, and multiple objectives. Linear programming is used for solution, though the problem may be large. The model is applied to a problem at Chester Creek, Pa. The optimal policy for levee building or replacement is found to depend on if a flood has just occurred and on the costs of buying out property owners and rebuilding homes and levees. Two cases of nonstationarity are examined, future bridge construction and future hydrologic changes. With nonstationarity, buyout of property owners following levee overtopping is an optimal policy since increased future flooding reduces the expected benefits of structural flood measures. When economic development is included with management costs and flood damages in a multiobjective formulation, the optimal policies include building larger levees and increasing floodplain development.*

**7.** Shilling, J. D.; Sirmans, C. F., et al. (1989). "Flood insurance, wealth re-distribution, and urban property values." Journal of Urban Economics 26: 43-53.

Mots clés Assurance; Inondation; Marché de l'immobilier; U.S.A

Résumé *This paper examines the economics of the wealth transfer created by the National Flood Insurance Program (NFIP). By its very nature, NFIP is unique in that it subsidizes existing homeowners but not new construction. Thus for comparable properties, the gain captured by existing homeowners is the difference between selling prices of equivalent qualified and nonqualified properties. Using standard hedonic pricing models, we empirically test the impact of subsidized and nonsubsidized flood insurance on property values.*

**8.** Speyrer, J. F. et Ragas, W. R. (1991). "Housing prices and flood risk: An examination using spline regression." Journal of Real Estate Economics and Finance 4: 395-407.

Mots clés Inondation; Marché de l'immobilier; U.S.A; Louisiana



**Résumé** *This article examines the impact of flood risk and mandatory flood insurance on property values. Using a large data set of almost 2,000 homes sold in the New Orleans, Louisiana, area from 1971 through 1986, the analysis confirms the finding of earlier studies that location in a floodplain does reduce property values. The present study, using spline variables to adjust for locational variation in the data and an improved measure of insurance cost, reveals that much of this reduction can be attributed to mandatory flood insurance coverage. Moreover, while unexpected flooding does increase the insurance cost capitalization, repeated flooding does not seem to reduce property values further.*

9. Struyk, R. J. (1971). "Flood risk and agricultural land values." *Water Resources Research* 7(4): 789-797.

**Mots clés** Agriculture; Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A; Missouri; Kansas

**Résumé** *The study investigates the usefulness of land values to measure the capitalized damages to agricultural land resulting from flooding by using a multilinear regression technique to control for nonflood factors affecting land values. The model is applied to a study area on the Missouri River by using appraisal data on the value of land and improvements. Significant differentials in land values between two flood-free areas and a flood-prone area attributable to flood risk are individually established. Comparison of the results with other measures of flood risk shows the results to be reliable.*

10. Arnell, N. W. (1984). "Flood hazard management in the United States and the National Flood Insurance Program." *Geoforum* 15(4): 525-542.

**Mots clés** Assurance; Inondation; U.S.A

**Résumé** *The National Flood Insurance Program (NFIP) both provides flood insurance to floodplain occupants and encourages local communities to adopt floodplain land-use regulations. As well as providing the core of the federal non-structural flood hazard management effort, the NFIP is a central element in both state and local activities. A major issue influencing the success of the NFIP in curbing flood damages is its treatment of properties built before the adoption of floodplain regulations. The potential for using the NFIP to encourage floodproofing and influence post-flood hazard mitigation must be fully explored.*

11. Arnell, N. W. (1986). "Average annual damage by flood frequency zone." *Journal of Water Resources Planning and Management* 112(1): 104-113.

**Mots clés** Dommages annuels moyens; Inondation; U.S.A

**Résumé** *Average annual flood damage can be calculated individually for each flood-plain property, but a less time-consuming approach is to estimate average annual damage using a set of typical values for buildings in specific locations. By defining a range of depth-frequency relationships and calculating average annual damage for hypothetical structures located at fixed frequency levels, it is possible to construct a graph showing the variation of typical average annual damage for structures in specified frequency zones with the degree of flood hazard. Although damage estimates based on zonal annual damage may not be particularly accurate for individual properties, the sum of a number of estimates will more closely approximate aggregate flood damage. The method can, therefore, be used to make initial estimates of flood damage in a flood-plain and can also be used as the basis for flood insurance premiums.*

12. Arnell, N. W. (1989). "Expected annual damages and uncertainties in flood frequency estimation." *Journal of Water Resources Planning and Management* 115(1): 94-107.

**Mots clés** Dommages annuels moyens; Inondation; U.S.A

**Résumé** *The expected annual damage is the most frequently used index of the impact of flooding at a site. Estimates of expected annual damages are very uncertain as a of uncertainties in both the estimation of the flood frequency relationship from limited data and the relationships between magnitude and damage. Computer simulation experiments using synthetic flood peak data and fixed magnitude damage function, and most importantly, that bias in the estimates is most closely related to error in the estimated probability at which damage begins. The use of expected probability leads to a very significant increase in bias in the estimation of expected annual damages.*

13. Beard, L. R. (1997). "Estimating flood frequency and average annual damage." *Journal of Water Resources Planning and Management* 123(2): 84-97.

**Mots clés** Dommages annuels moyens; Inondation; U.S.A

14. Bollens, S. A.; Kaiser, E. J., et al. (1988). "Evaluating the effects of local floodplain management policies in property owner behaviour." *Environmental Management* 12(3): 311-325.

**Mots clés** Contrôle des risques; Enquêtes; Inondation; Marché de l'immobilier; NFIP; Mesures non structurelles; U.S.A

**Résumé** *Floodplain management programs have been adopted by more than 85% of local governments in the nation with designated flood hazard areas. Yet, there has been little evaluation of the influence of floodplain policies on private sectors decisions. This article examines the degree to which riverine floodplain management*

*affects purchase and mitigation decisions made by owners of developed floodplain property in ten selected cities in the United States. We find that the stringency of such policies does not lessen floodplain property buying because of the overriding importance of site amenity factors. Indeed, flood protection measures incorporated into development projects appear to add to the attractiveness of floodplain location by increasing the perceived safety from the hazard. Property owner responses the flood hazard after occupancy involve political action more often than individual on-site mitigation. Floodplain programs only minimally encourage on-site mitigation by the owner because most owners have not experienced a flood and many are unaware of the flood threat. It is suggested that floodplain programs will be more effective in meeting their objectives if they are directed at intervention points earlier in the land conversion process.*

**15.** Browne, M. J. et Hoyt, R. E. (2000). "The Demand for Flood Insurance: Empirical Evidence." *Journal of Risk and Uncertainty* 20(3): 291-306.

Mots clés Assurance; Inondation; Perception; U.S.A

Résumé *Flood damages that occur worldwide remain largely uninsured losses despite the efforts of governmental programs that in many cases make insurance available at below fair market cost. The current study focuses on the financial experience of the United States' National Flood Insurance Program (NFIP) from 1983 through 1993 to examine the hypothetical determinants of the flood insurance purchasing decision. The empirical analysis supports the hypotheses that income and price are influential factors in one's decision to purchase flood insurance. Flood insurance purchases at the state level are found to be highly correlated with the level of flood losses in the state during the prior year.*

**16.** Brown, J. P. (1972). *The Economic Effects of Flood: Investigations of a Stochastic Model of Rational Investment Behavior in the Face of Flood*, Springer-Verlag.

Mots clés Inondation; U.S.A

**17.** Burby, R. J. (2001). "Flood insurance and floodplain management: the US experience." *Environmental Hazards* 3(3-4): 111-122.

Mots clés Assurance; Coût des dommages; Contrôle des risques; Gestion des risques; Inondation; U.S.A

Résumé *With over six million buildings located within the boundaries of the 100-yr floodplain, flood losses across the United States are widespread (88% of US counties experienced at least one flood disaster during the second half of the twentieth century). To deal with this problem, the federal government provides flood insurance through the National Flood Insurance Program, which was initiated by Congress in 1968 and amended significantly in 1969, 1973, and 1994. This article describes the US approach to flood insurance and notes a number of problems that have limited its effectiveness. Flood hazard identification is incomplete, and methods used are flawed. Mitigation has failed to contain increasing exposure to property damage in floods and coastal storms, and it has failed to markedly reduce exposure to loss of older buildings located in flood hazard areas. Market penetration of flood insurance is low, in spite of mandatory purchase requirements for new construction and the availability of subsidized insurance rates for older buildings located in flood-hazard areas. These problems, although serious, can be remedied through a variety of actions taken by governments at the federal, state, and local level.*

**18.** Clark, D. E.; Novotny, V., et al. (2002). "Willingness to pay for flood and ecological risk reduction in an urban watershed." *Water Science and Technology* 45(9): 235-242.

Mots clés Évaluation contingente; Inondation; U.S.A

Résumé *Urban watershed managers frequently must address alternative policy goals; flood control and ecological risk reduction. This study combines hydrologic models of flood control and biotic models of ecologic risk with economic models of willingness-to-pay and psychological models of risk processing and planned behavior to evaluate these two alternative policy objectives. The findings reveal that flood risk exposure, especially for those individuals who would remain outside the 100 year flood plain if the project were enacted, does influence the financial support that local residents would be willing to make to a flood control project. Other important determinants include demographic factors such as income, and attitudinal measures of the respondent. Expanding the scope of the project to include ecological risk reduction does not, however, appear to change the average willingness-to-pay for a project.*

**19.** van Dantzig, D. (1956). "Economic decision problems for flood prevention." *Econometrica* 24: 276-287.

Mots clés Inondation; U.S.A

**20.** Davis, S. A. (1988). *National economic development. Procedures manual. Urban Flood Damage*, U.S. Army Corps of Engineers.

Mots clés Coût des dommages; Inondation; U.S.A

**21.** Davis, S. A. et Skaggs, L. L. (1992). *Catalog of residential depth-damage functions used by the the Army Corps of Engineers in flood damage estimations*, U.S. Army Corps of Engineers.

Mots clés Coût des dommages; Inondation; U.S.A

**22.** Donnelly, W. A. (1989). "Hedonic price analysis of the effect of a floodplain on property values." *Water Resources Bulletin* 25(3): 581-596.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *The effect of a floodplain location on the market value for property is controversial, with the conventional wisdom being that buyers are myopic. Previous parametric and nonparametric statistical tests have proven inconclusive in deciding the issue. Herein, a theoretical model, that a hedonic price indexes, is posited and tested, using housing sales characteristics data obtained from Multi-List Service cooperative. This study suggests that home buyers do adjust the purchase price for houses within a floodplain, and this amounts to, on average, just over 12 percent. The data are from a small midwestern town in which the last severe flooding occurred a decade ago.*

**23.** Driscoll, P.; Dietz, B., et al. (1994). "Welfare analysis when budget constraints are nonlinear : the case of flood hazard reduction." *Journal of Environmental Economics and Management* 26 (2): 181-194.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *Nonlinear budget constraints occur when good have a "quality" dimension or possess "characteristics" and the price of the composite good is nonlinear function of its characteristics. Homogeneity is generally not characteristic of indirect utility functions and demand functions when budget constraints are nonlinear. In this situation, willingness to pay methods that impose homogeneity (or fail to impose restrictions implied by nonlinear budget constraints) on demands are inappropriate. A straightforward method of estimating willingness to pay when budget constraints are nonlinear implements a direct utility approach. Exact and biased welfare measures are obtained without integration.*

**24.** Galloway, G. E. J. (1995). "New Directions in Floodplain Management." *Water Resources Bulletin* 31(3): 351-357.

**Mots clés** Contrôle des risques; Inondation; Mesures non structurelles; U.S.A; Mississipi

**25.** Goldman, D. (1997). "Estimating expected annual damage for levee retrofits." *Journal of Water Resources Planning and Management* 123(2): 89-94.

**Mots clés** Digue; Dommages annuels moyens; Inondation; USACE; U.S.A

**Résumé** *The US Army Corps of Engineers (USACE) has instituted a new analysis methodology for estimating the expected annual damage (EAD) and resulting economic benefits accruing to proposed flood damage-reduction projects. An alternative damage model to that proposed by NRC is used to show that expected probability leads to an unbiased estimate of EAD. The damage model proposed requires that an unbiased estimate of damage results when applied to many projects. A simulation study demonstrates that EAD estimated with expected probability is unbiased, whereas the NRC's recommended estimator is biased.*

**26.** Holway, J. M. et Burby, R. J. (1990). "The effects of floodplain development controls on residential land values." *Land Economics* 66(3): 259-271.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; NFIP; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *Today's local land-use regulations have considerable influence over urban and ex-urban development. Regulations are being applied in innovative ways for both new and traditional purposes, floodplains - the critical environmental area we examine - make up about 7% of all land in the US. As a result of past floodplain development, floods cause approximately 200 deaths and \$9 billion in property damage annually. In this paper we consider the effects of the National Flood Insurance Program (NFIP), a federal effort that requires local governments to regulate floodplain land uses in order to reduce the exposure of property to flood damages and resulting insurance losses. Using the hedonic method to examine land-use policy effects on land as a factor in the production of housing, our results show that zoning floodplains for lower density development, implementing building regulations more stringent than the minimum required by the NFIP, and providing clear local leadership of programs each contribute to lowering floodplain land values. From those findings we conclude that the NFIP is having an effect on land use in localities across the US, but that its effect can be amplified or subverted by local land-use policy decisions.*

**27.** Holway, J. M. et Burby, R. J. (1993). "Reducing flood losses. Local planning and land use controls." *Journal of the American Planning Association* 59(2): 205-216.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; NFIP; Prix hédoniques; Vulnérabilité; U.S.A

**Résumé** *The National Flood Insurance Program emphasizes building elevation requirements to protect property from flood damage and to limit continued increases in national flood losses. Economists believe that the cost to elevate buildings will shift some development to flood-free locations. This article provides evidence that elevating buildings to NFIP standards does indeed reduce losses, but that adding additional elevation requirements will have little effect on the rate of increase in floodplain development. Instead, these requirements must be supplemented with regulation of floodplain land use.*

**28.** James, L. D. et Hall, B. (1986). "Risk information for floodplain management." *Journal of Water Resources Planning and Management* 112(4): 485–499.

**Mots clés** Communication; Dommages annuels moyens; Information; Inondation; U.S.A

**Résumé** *The united States began structural flood control in the 1930s and added complementary nonstructural measures in the 1960s. Nevertheless, national flood damage totals continue to increase. Reversal of this trend will require better communication among regulatory agencies, experts assessing risk, and floodplain occupants. Modern technology provides tools to measure specific risks and communicate the hazards of property loss and personal danger to individuals able to act and to reduce the losses. One problem with the existing communications based on safety standard tied to the 100-yr floodplain is that some locations in the 100-yr floodplain are only subject to trivial damage by shallow flooding, while other locations outside that magic boundary are subject to major devastation and threats of drowning by floods that could be as common as the true 25-yr event. Systematic estimation and dissemination of the risk of economic loss can reduce flood losses, vary community programs with the hazard to life and property, and help every floodplain occupant accommodate more effectively with his site-specific problem.*

**29.** Krutilla, J. V. (1966). "An economic approach to coping with flood damage." *Water Resources Research* 2(2): 183-190.

**Mots clés** Assurance; Contrôle des risques; Inondation; U.S.A

**Résumé** *A compulsory flood loss insurance scheme is one means of achieving efficient uses of flood plain lands. Insurance premiums proportional to risk and equal to both the private and the social cost of flood plain occupancy will serve as a rationing device, eliminating economically unwarranted uses of flood plain lands on the one hand, while not prohibiting uses for which a flood plain location has merit on the other hand. In addition, reduction of flood loss insurance premiums can serve as a standard to measure the economic justification of alternative flood control measures and/or discrete increments in scale of protective works or other nonstructural flood control measures. A final advantage of flood loss insurance, which no alternative in flood management possesses, is indemnification for the residual damage potential against which it is not economic to seek protection.*

**30.** McDaniels, T. L.; Gregory, R. S., et al. (1999). "Democratizing Risk Management: Successful Public Involvement in Local Water Management Decisions." *Risk Analysis* 19(3): 497-510.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**Résumé** *This paper discusses a successful public involvement effort that addressed and resolved several highly controversial water management issues involving environmental and flood risks associated with an electrical generation facility in British Columbia. It begins with a discussion of concepts for designing public involvement, summarizing research that indicates why individuals and groups may find it difficult to make complex choices. Reasons for public involvement, and the range of current practices are discussed. Next, four principles for designing group decision process are outlined, emphasizing decision-aiding concepts that include "value-focused thinking" and "adaptive management." The next sections discuss the Alouette River Stakeholder Committee process in terms of objectives, participation, process, methods for structuring values and creating alternatives, information sources, and results. Discussion and conclusions complete the paper.*

**31.** McDonald, D. N.; White, H. L., et al. (1990). "Flood Hazard Pricing and Insurance Premium Differentials: Evidence from the Housing Market." *Journal of Risk and Insurance* 57(4): 654-663.

**Mots clés** Assurance; Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *In this article, a model is developed of the rational consumer's willingness to pay for a marginal reduction in the probability of an undesirable state (flooding) occurring in the residential location decision. The model incorporates a hedonic price gradient for low-probability, high-loss hazards. Individuals can self-insure against flooding hazards by location in residential areas where the probability of flooding hazard is relatively low and, all other things equal, consumers should pay more for houses located in relatively less hazardous area. A relationship between housing price differentials and insurance premiums for housing located inside and outside of a hazard zone is developed, as well as tests for noninsurable costs.*

**32.** Montz, B. E. et Tobin, G. A. (1988). "The spatial and temporal variability of residential real estate values in response to flooding." *Disasters* 12(4): 345-355.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; U.S.A

**Résumé** *A relationship between residential property values and the incidence of flooding is represented, using a case study of two Californian communities that were flooded following a levee break. Analysis of the real estate market before and after the flood shows that the flood was capitalized into housing values. However, recovery of the market is not uniform throughout the floodplain. Houses that suffered eighteen inches of water recovered to near pre-flood values in less than one year. In contrast, houses that had approximately ten feet of water in them have not recovered to the same extent, indicating that capitalization and recovery do not occur evenly. These findings suggest that policies and programs should address these spatial and temporal differences in recovery,*

which are expected to vary with different flood frequencies and magnitudes.

**33.** Novotny, V.; Clark, D. E., et al. (2001). "Risk based urban watershed management under conflicting objectives." *Water Science and Technology* 43(5): 69-78.

**Mots clés** Communication; Consentement à payer; Enquêtes; Évaluation contingente; Inondation urbaine; Intégrité écologique; Perception; Risque; Théorie du comportement planifié; U.S.A

**Résumé** *Ecological impairment and flooding caused by urbanization can be expressed numerically by calculating the risks throughout the watershed (floodplain) and along the main stems of the streams. The risks can be evaluated in terms of the present and/or future. This article describes the methodologies for ascertaining the risks in the Geographical Information Systems (GIS) environment. The objectives of urban flood controls and ecological preservation/restoration of urban waters are often conflicting and, in the past, the sole emphasis on flood control led to destruction of habitat and deterioration of water quality. An optimal solution to these two problems may be achieved by linking the risks to the concepts of risk communication, risk perception, and public willingness to pay for projects leading to ecological restoration and ecologically sustainable flood control. This method is appropriate because, in each case, public funds are used and the projects require approval and backing of policy makers and stakeholders. This article briefly describes a research project that attempts to resolve the conflict between the flood protection and stream ecological preservation and restoration and suggests alternative ways of expressing benefits of urban stream flood control and restoration projects.*

**34.** Park, W. M. et Miller, W. L. (1982). "Flood risk perceptions and overdevelopment in the floodplain." *Water Resources Bulletin* 18(1): 89-94.

**Mots clés** Aménagement; Inondation; Marché de l'immobilier; NFIP; Perception; Prix hédoniques; Risque; U.S.A; Indiana

**Résumé** *There is a long standing hypothesis that overdevelopment has occurred in the nation's floodplain due to imperfect information about the potential flood hazard, an expectation of disaster relief and anticipation of future structural protection. This hypothesis is investigated with multiple regression analysis of data for a case study area. In particular the question of whether floodplain residential property values are fully discounted for expected flood damages is addressed by considering the impact of the National Flood Insurance Program on property values. The extent to which flooding risk perceptions are based on low cost information such as distance from and elevation above the river is also considered. Finally, implications for floodplain management policy are discussed.*

**35.** Pielke, R. A. J. (1999). "Nine fallacies of floods." *Climatic Change* 42(2): 413-438.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**Résumé** *A number of important misconceptions or fallacies stand in the way of a better understanding of the nation's flood problem. The fallacies are not universal, with many flood experts, decision makers, and sectors of the public escaping their seductive logic. But enough people do fall prey to these fallacies of floods so as to create obstacles to improved utilization of the lessons of experience. This paper uses three of these lessons to organize presentation of the nine fallacies: We know the wrong things about the nature of the problem. Fallacy 1: Flood frequencies are well understood. Fallacy 2: Damaging flooding in recent years is unprecedented because of 'global warming'. Fallacy 3: Levees 'prevent' damages. Fallacy 4: Flood forecasts are universally available. We don't know enough about why and with what intensity we should act. Fallacy 5: Societal vulnerability to floods is well understood. Fallacy 6: Data on flood casualties is a proxy for flood risk. Fallacy 7: Data on flood damages is a proxy for flood risk. We know enough about what might be done. Fallacy 8: Knowledge leads to action. Fallacy 9: The U.S. flood problem can be addressed without Federal leadership and support. The purpose of raising the fallacies in this paper is to contribute to a systematic definition of the nation's flood problem.*

**36.** Ramirez, J.; Adamowicz, W. L., et al. (1988). "Ex Post analysis of flood control: Benefit-Cost analysis and the value of information." *Water Resources Research* 24(8): 1397-1405.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**Résumé** *Two analytical tools which aid decision making flood control design, ex post analysis and the ex post value of information are presented for the case study of rushford, Minnesota. The ex post analysis is conducted using a coincident frequency analysis which provides a more accurate description of discharge rates and flood levels. The ex post cost-benefit analysis shows that the Corps of Engineers substantially underestimated the value of potential property damage. The ex post value of information model provides an analysis of the project sensitivity to stream discharge. In addition, the optimum project size is determined under risk of project destruction. The results illustrate that the net benefits are sensitive to changes in discharge information but less sensitive to project size and the risk of project destructions. This leads us to recommend more sensitivity analyses on information structures, project size, and the probability of project destruction in ex ante cost-benefit analysis.*

**37.** Shabman, L. et Damianos, D. I. (1976). "Flood-hazard effects on residential property values." *Journal of Water Resources Planning and Management* 102: 151-162.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A; Virginia

**38.** Shabman, L. et Stephenson, K. (1992). "The possibility of community-wide flood control benefits: Evidence from voting behavior in a bond referendum." *Water Resources Research* 28 (4): 959-964.

**Mots clés** Inondation; Vote; U.S.A

**Résumé** *Voting behavior in a flood control referendum in Roanoke, Virginia, provides evidence that people living and working outside the flood prone area are willing to pay for flood control project construction. This voting behavior supports the argument that flood control benefits exist at the community level. In providing the cost sharing required under recent federal legislation, local government financing which distributes project costs over the whole population of a local jurisdiction, and not just those persons living or working in protected areas, may increase both economic efficiency and expand communities' financial capacity to pay for such projects.*

**39.** Shabman, L. et Stephenson, K. (1996). "Searching for the Correct Benefit-Estimates: Empirical Evidence for an Alternative Perspective." *Land Economics* 72(4): 433-449.

**Mots clés** Évaluation contingente; Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; Vote; U.S.A

**Résumé** *This paper contrasts the results of the contingent valuation, hedonic price, and property damages avoided valuation techniques. Each technique was used to estimate the value of flood risk reduction from the construction of a flood control project. Voting behavior in a referendum called specifically for the provision of the project was used to further interpret the results from the three valuation studies. Substantial differences were found between the estimates. In explaining these differences, an alternative perspective on the current debate over the validity and accuracy of nonmarket value estimates is offered.*

**40.** Shabman, L.; Stephenson, K., et al. (1998). Comparing benefit estimations techniques: Residential flood hazard reduction benefits in Roanoke, Virginia, Institute for Water Resources.

**Mots clés** Inondation; Dommages évités; Évaluation contingente; Prix hédoniques; U.S.A

**41.** Shultz, S. D. et Fridgen, P. M. (2001). "Floodplains and housing values: Implications fo flood mitigation projects." *Journal of the American Water Resources Association* 37(3): 595-603.

**Mots clés** Aménagement; Évaluation; Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *The hedonic valuation method was used to quantify the impact of floodplain location on housing values in Fargo-Moor-head. Being located in the 100-year floodplain lowered the home values by \$8,990, and such homes were worth \$10,241 less than similar homes located outside the floodplain before the major flood event of 1997. Required flood insurance premiums for these homes were determined to account for approximately 81 percent of this price depreciation. In contrast, homes in the 500-year floodplain were worth \$3,100 more than similar homes not in the floodplain. It was concluded that more disclosure is needed regarding the location of the 500-year floodplain, and that the hedonic valuation method can be used to calculate the economic gains and losses associated with flood mitigation projects or floodplain remapping efforts that result in the reclassification of the legal floodplain status of individual homes.*

**42.** Sims, J. H. et Baumann, D. D. (1987). "The adoption of residential flood mitigation measures: What price success?" *Economic Geography* 63(3): 259-272.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**43.** Soule, D. M. et Vaughn, C. M. (1973). "Flood protection benefits as reflected in property value changes." *Water Resources Bulletin* 9(5): 918-922.

**Mots clés** Bénéfice; Inondation; Marché de l'immobilier; Mise en valeur des terrains; U.S.A; Kentucky

**Résumé** *Measuring flood control benefits from estimated property damage in prior floods omit losses in the form of depressed values of land put to less valuable uses because of annual flooding. Covariance analysis of real property values in three urbans areas differently situated around Lake Cumberland, Kentucky shows a much larger rate of increase, over 15-year period, for the area receiving flood protection. This suggests that the economic benefits from a flood protection facility include these additional property value increases as well as the prevented property damage.*

**44.** Thompson, M. E. et Stoevener, H. H. (1983). "Estimating residential flood control benefits using implicit price equation." *Water Resources Bulletin* 19(6): 889-895.

**Mots clés** Contrôle des risques; Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *An implicit price model relating residential lot value to price determining characteristics of land is developed to measure the benefits of a structural flood control project. Special attention is given to the selection of relevant price determining characteristics of residential lots. An implicit price equation is estimated for both the with and without project conditions. Flood damages are quantified through the use of a dummy variable indicating a flood plain location. The analysis shows that annual flood damages were reduced by \$15,275.*

**45.** Thunberg, E. et Shabman, L. (1991). "Determinants of landowner's willingness to pay for flood hazard reduction." *Water Resources Bulletin* 27(4): 657-664.

**Mots clés** Évaluation contingente; Inondation; U.S.A

**Résumé** *Estimated benefits of flood control projects are typically limited to avoided property damages. However, the possibility that are (1) benefits from reduced psychological stress among flood plain occupants, and (2) benefits to the community has long been recognized. A survey of landowners residing in a flood plain in Roanoke, Virginia, found that nonproperty considerations did help explain their willingness to pay for flood control. Of particular importance was the respondents' concern for disruption of the community caused by possible flooding.*

**46.** Tobin, G. A. et Montz, B. E. (1988). "Catastrophic flooding and the response of the real estate market." *The Social Science Journal* 25(2): 167-177.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; U.S.A

**Résumé** *In February 1986, the levee of the Yuba River broke, flooding the towns of Linda and Olivehurst in northern California. Besides the personal tragedies, were economic disasters. Property values of the houses plummeted. While theories of natural hazards predict that the market will capitalize the risk of flooding into the value of residential property, in areas where the probability is low the risk may be ignored. Factors are the history of past floods, socioeconomic conditions, and the real estate market. Housing prices in Linda and Olivehurst did drop (effectively to zero) immediately after the flood, then recovered relatively quickly to a level significantly lower than before the catastrophe. This suggests that the previous prices did not fully capitalize the risk of this intermittent hazard.*

**47.** Tobin, G. A. et Montz, B. E. (1994). "The flood hazard and dynamics of the urban residential land market." *Water Resources Bulletin* 30(4): 673-684.

**Mots clés** Inondation; Marché de l'immobilier; Utilité espérée; U.S.A

**Résumé** *Literature on the flood hazard/residential land market relationship is full of contradictory findings, many of which are counter-intuitive to the belief that flooding has a negative impact on house prices. This research advances conceptual framework through which these relationships might be re-examined. Based on the expected utility model, the theoretical framework integrates the economic notion of capitalization with spatial and temporal characteristics of the flood hazard. Four communities with different flood regimes are used to test the effect of flooding on the residential real estate market. Results show that, (1) there is an identifiable relationship between characteristics of the flood hazard and changes in house values; (2) the length of the recovery period is dependent on characteristics and expectations of flooding, attributes of the real estate market, and availability of capital to fuel recovery; and (3) dynamics of the urban market and spatial extent of the flood hazard influence these relationships. Further research is now necessary to examine these findings under different spatial, temporal, hydrological, and socio-economic conditions.*

**48.** Wurbs, R. A. (1983). "Economic feasibility of flood control improvements." *Journal of Water Resources Planning and Management* 109(1): 29-47.

**Mots clés** Analyse coût-bénéfice; Incertitude; Inondation; U.S.A

**Résumé** *Although severe flooding problems continue to occur throughout the nation, economic justification of flood control improvements is becoming increasingly more difficult. Reasons for the difficulties in formulating economically feasible structural plans of improvement include increases in discount rate, greater reliance on nonstructural measures, cost escalations, environmental quality considerations, and the lengthy time required between study initiation and actual implementation. Decreasing benefit-to-cost ratios should be an important consideration in formulating water policy, particularly in regard to reassessing the role of the economic criterion in determining project justification, verifying that the discount rate formula appropriately represents the public interest, and developing procedures to expedite the water resources development process. In regard to project planning, the increasing difficulty in justifying flood control projects contributes to the need for more innovative plans incorporating a broader range of measure types and combinations, expanded evaluation and tradeoff analysis techniques, and improved capabilities for handling the uncertainties involved in an economic analysis.*

**49.** Wurbs, R. A. (1996). "Optimal sizing of flood damage reduction measures based on economic efficiency." *Water Resources Development* 12(1): 5-16.

**Mots clés** Dommages annuels moyens; Inondation; U.S.A

**Résumé** *A computer-based planning methodology for optimally size flood damage reduction systems is presented. These decision variables are the size of each structural component of the system, such as storage capacity for reservoirs and flow capacity for channel improvements, and the choice of which non-structural plan to implement in various regions of the floodplain. The decision criterion is to minimize total system cost, which is the sum of the discounted annual flood damages. A hydrologic and economic simulation model is combined with a search algorithm. The simulation model incorporates procedures for determining the total economic cost for a specified plan. The optimization algorithm iteratively executes the simulation model in an automated search for the optimum plan.*

**50.** Wurbs, R. A.; Toneatti, S., et al. (2001). "Modelling Uncertainty in Flood Studies." *International Journal of Water Resources Development* 17(3): 353 - 363.

**Mots clés** Dommages annuels moyens; Incertitude; Inondation; U.S.A

**Résumé** *Estimates of average annual damage (AAD) are a key central component of the hydrologic, hydraulic, and economic information developed in the evaluation of flood damage reduction plans. AAD or the expected value of annual damage, in dollars or other monetary units, is a probability-weighted average of the economic losses associated with the full range of possible flood magnitudes. Economic benefits are assessed as the reduction in AAD which would result from implementation of a particular plan. Traditional methodologies for performing hydrologic, hydraulic, and economic studies and estimating AAD have recently been expanded to explicitly incorporate analysis of the uncertainties inherent in the data collection and modelling effort. This paper presents a strategy for modelling uncertainties in the estimation of AAD for ungauged urban floodplains.*

**51.** Yarnal, B.; Johnson, D. L., et al. (1997). "The flood of '96 and its socioeconomic impacts in the Susquehanna river basin." *Journal of the American Water Resources Association* 33(6): 1299-1312.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**52.** Zimmerman, R. (1979). "The effect of floodplain location on property values: Three towns in Northeastern New Jersey." *Water Resources Bulletin* 15(6): 1653-1665.

**Mots clés** Contrôle des risques; Inondation; Marché de l'immobilier; Mesures non structurelles; U.S.A

**Résumé** *The persistence of development and settlement in flood plains and continued damages from flooding, raises the question of how property owners respond to flood plain location and whether property values reflect this response. Existing studies disagree on the significance of flood hazard for property values. This study evaluates the effect of flood plain location on assessed valuation and home value in three towns in New Jersey. A t-tested on mean assessed value and value of owner-occupied units at block levels showed no statistically significant variation for flood prone and nonflood prone lands. Possible explanations are that homeowners do not know or perceive the risk of living in flood plains, assessors do not incorporate flooding into assessment criteria, and the National Flood Insurance Program subsidies and broadened financial markets may equalize property values.*

**53.** Lave, T. R. et Lave, L. B. (1991). "Public perception of the risks of flood: Implications for communication." *Risk Analysis* 11(2): 255-267.

**Mots clés** Assurance; Communication; Inondation; Perception; Risque; U.S.A; Pennsylvania

**Résumé** *Floods in the U.S. kill an average of 162 people each year and cause \$3.4 billion in property damage. Flood control programs have been successful in lowering, but not eliminating, the risks to lives and property. Since the late 1960s, the federal government has emphasized flood insurance as a primary toll for improving location and flood-proofing decisions, as well as for reimbursing flood losses. Since only 12.7% of houses in flood plain areas are covered by flood insurance, the program has been ineffective. We interviewed people living in three communities that had recently been flooded. Most people had little knowledge of the cause of floods or what could be done to prevent damage. People who work and who are better educated know more and are more likely to have flood insurance. Current government publications about flood risks are not likely to be understood by those at risk. There is little effective communication about the nature and magnitude of the risks and what individuals can do to protect their lives and property and lower their financial risks. The risk management program should both emphasize communication and enforcement of the current law requiring people at risk who hold federally funded loans to be insured.*

**54.** Brown, J. P.; Contini, B., et al. (1972). "An economic model of floodplain land use and land use policy." *Water Resources Research* 8(1): 18-32.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**Résumé** *A landowner in a floodplain must choose a way to use his land from n available alternative activities. We develop a model that describes that choice as a function of the probability of a flood when the criterion is expected present value. We show the expected present value calculations for four simple benefit stream patterns: no-decay, one-loss shay, experimental decay, and delayed benefits. Within this model, we define and discuss several often elusive concepts: the damage due to one flood, the hazard due to being in the floodplain, and the benefits of flood probability reduction. We then show the relationship between the benefits of flood control and damage reduction, and point out that they are not identical. With this model we have a common framework for comparing such disparate flood relief and control policies as floodplain zoning and flood relief measures. Finally we show the misallocative effects of simple flood relief policies.*

**55.** Lind, R. C. (1967). "Flood control alternatives and the economics of flood protection." *Water Resources Research* 3(2): 345-358.

**Mots clés** Assurance; Bénéfice; Contrôle des risques; Inondation; Mise en valeur des terrains; Zonage des risques; U.S.A



**Résumé** *This paper discusses and compares the economic effects of alternative programs for coping with flood losses. Special emphasis is placed on the use of flood insurance. Also, the measurement of land-enhancement benefits is discussed in some detail.*

**56.** James, L. D. (1972). "Role of economics in planning flood plain land use." *Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 98(HY6): 981-992.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**57.** Anderson, D. R. (1974). "The National Flood Insurance Program - Problems and potential." *Journal of Risk and Insurance* 41(4): 579-600.

**Mots clés** Assurance; Inondation; U.S.A

**Résumé** *The National Flood Insurance Act of 1968 were designed to provide subsidized flood insurance and to reduce long-term flood damage through the use of land use and control measures. The floods of 1972 and 1973 provided early tests of the program, and it appears to have been deficient in many respects. The author examines these deficiencies and offers reasons for their existence. Various ameliorative actions that were taken and others that have been proposed to improve the program are analyzed. Finally, the lessons learned from this study are used to postulate guidelines for improving existing and future government-industry property insurance.*

**58.** Pasterick, E. T. (1998). *The National Flood Insurance Program. Paying the price: The status and role of insurance against natural disasters in the United States.* Kunreuther, H. et Roth Sr., R. J. Washington D.C., Joseph Henry Press: 125-154.

**Mots clés** Assurance; Inondation; U.S.A

**59.** (2000). *Risk Analysis and Uncertainty in Flood Damage Analysis Reduction Studies*, National Academy Press.

**Mots clés** Dommages; Incertitude; Inondation; Risque; U.S.A

**60.** Brown, M.; Esnault, E., et al. (2003). *Les réussites américaines en matière de réduction du risque d'inondations. Application en France*, ENGREF.

**Mots clés** Inondation; France; U.S.A

**61.** Collectif (1983). *Principles and Guidelines for Water and Related Land Resources Implementation Studies*, U.S. Water Resources Council.

**Mots clés** Évaluation; Inondation; U.S.A

**62.** Harrison, D. M.; Smersh, G. T., et al. (2001). "Environmental Determinants of Housing Prices: The Impact of Flood Zone Status." *Journal of Real Estate Research* 21(1-2): 3-20.

**Mots clés** Inondation; Immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

**Résumé** *This study examines the valuation of homes located within 100-year flood plains. Utilizing a database of 29,887 property transactions in Alachua County, Florida, the results of this investigation suggest that comparable characteristic homes located within a flood zone sell, on average, for less than homes located outside flood zones. Interestingly, the price differential is less than the present value of future flood insurance premiums. In addition, the price differential is shown to have increased since passage of the National Flood Insurance Reform Act of 1994. Finally, it appears that property tax assessors have slightly over-assessed properties located in flood zones relative to those in other areas. The large database and the lengthy period of analysis (1980-97) are much broader than that of previous research efforts.*

**63.** Chivers, J. et Flores, N. E. (2002). "Market Failure in Information: The National Flood Insurance Program." *Land Economics* 78(4): 515-521.

**Mots clés** Assurance; Inondation; Information; U.S.A

**Résumé** *The National Flood Insurance Program (NFIP) was established in 1968 and requires mandatory flood insurance for property owners who have federally backed mortgages. Krutilla (1966) noted that a compulsory national flood insurance program could greatly improve the economic efficiency of flood plain occupancy in the United States. However, in order to realize the efficiency gains suggested by Krutilla, property owners must have sufficient information about flood risk and insurance premiums to make well-informed home purchase decisions. Using survey data from Boulder, Colorado, we find significant evidence of market failure in information in the NFIP program. The majority of survey respondents, all of whom live in a special flood hazard area, report they did not fully understand the degree of flood risk or the cost of insuring against this risk when negotiating the purchase of their property.*

**64.** Hersh, R. et Wernstedt, K. (2002). "Gauging the Vulnerability of Local Water Systems to Extreme Events." *Journal of Environmental Planning and Management* 45(3): 341-361.

**Mots clés** Inondation; U.S.A

**Résumé** *Water utilities that rely on surface water may be vulnerable to future droughts and floods, a vulnerability*

*that may be magnified by climate perturbations as well as shorter-term and, in some cases, ongoing changes in the political and regulatory environment in which utilities operate. Unfortunately, day-to-day responsibilities currently occupy most utility operators, leaving little time to plan for inherently uncertain effects. The record of actual responses to past droughts and floods can be illuminating, however, particularly when placed in the context of plausible hydrologic disruption and pressures such as population growth, floodplain development and new regulatory demands. This paper draws on interviews with water utility operators in the northwestern USA to highlight opportunities and constraints that water utilities may face vis-a-vis such disruptions. Key considerations affecting vulnerabilities include water rights, institutional barriers to efficient utility operations, hazard management policy and the fiscal status of utilities.*

65. Shilling, J. D.; Benjamin, J. D., et al. (1985). "Adjusting comparable sales for floodplain location." Appraisal Journal: 429-436.

Mots clés Inondation; Immobilier; Prix hédoniques; U.S.A

66. Skantz, T. R. et Strickland, T. H. (1987). "House prices and a flood event: An empirical investigation of market efficiency." Journal of Real Estate Research 2(2): 75-83.

Mots clés Inondation; Marché de l'immobilier; Prix hédoniques; U.S.A; Texas

Résumé *In this study, house-price reactions to a first-time disastrous flood are investigated. Conventional wisdom predicted prices would decline and later regain lost value as the market forgot the flood. In fact, sample home prices do not fall immediately after the flood and do not later rise. On the other hand, when flood insurance premiums rise dramatically approximately one year after the flood, these higher rates are capitalized into home values and prices do decline. The findings are consistent with rational and efficient market.*

67. Chao, P. T.; Floyd, J. L., et al. (1998). Empirical Studies of the Effect of Flood Risk on Housing Prices, Institute for Water Resources U.S. Army Corps of Engineers.

Mots clés Inondation; Prix hédoniques; U.S.A; Texas; Kentucky

68. Bialaszewski, D. et Newsome, B. A. (1990). "Adjusting comparable sales for floodplain location : the case of Homewood, Alabama." The appraisal journal: 114-118.

Mots clés Inondation; Prix hédoniques; U.S.A; Louisiana

Résumé *Adjustments to comparable sales data for factors affecting sales prices should be derived from the market in which the subject property is found. Research conducted in Louisiana indicated that properties located within HUD-designated floodplain areas sold for less than properties located outside those areas. However, research in Homewood, Alabama showed that flood plain location had no effect upon sales prices.*

## 7 – Les documents de source allemande

BAYERISCHES STAATMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, 1998, Hochwasserschutz bayerischer Stddte. Munich, novembre 1998.

BISMUTH, C., BUSCHARDT, A., 1998 Ursachen der Hochwasserentstehens und ihre anïthroposene Beeinflussung. MassnahmenvorschläÅe.. Umweltbundesamt, Texte 18-98, Berlin, mars 1998, 101 p.

BÖHM, H.R., HEELAND, P., 2000 "Spatial Planning Instruments to Improve River Flood Prévention and Awareness", in Toesmann, F., Koch, F., River Flood Defence. Kassel Reports of Hydraulic Engineering n°9, 2000, pp H 105-H115.

BÖHM, H.R., HEILAND, P., DAPP, K., MENGEL, A., 1999 Anforderuneen des vorrsorsenden Hochwasserschutzes an Raumordnungs, Landes-/Resionalplanung.

Stadtplanungs und die Umweltfachplanungen-Empfehiungen für die Umweltfachplanungen-, Umweltbundesamt, Texte 4599, Berlin, juin 1999, 270 p.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU-UND WOHNUNGSWESEN, Planen. Bauen, Emeuem Informationen zum StÄdtebaurecht, Berlin octobre 1999, 100 p.

BRÖSE, U., 1975 Pas raumordnungspolitische Instrument der Vorranschiefe -Kriterien und Wirkungen, FuS de l'ARL, volume 104, Hannover, 1975, pl8.

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN, 1998, Plan d'action contre les inondations. Coblenz mars 1998, 30 p.

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN, 1997, Protection contre les inondations sur le Rhin Inventaire. Coblenz mars 1997, 63 p.

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN, 2001 Mise en œuvre du Plan d'action contre les inondations jusqu'en 2000. Coblenz janvier 2001, 31 p.

DEUTSCHE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS, 1998 « Strategien und Initiativen zum Hochwasserschutz in Deutschland und ihre rechtlichen Grundlagen » in Hochwasserschutz im deutschen Rheinsektor - eine Bestandsaufnahme, Mayence, 1998, pp 7-15.

GREIVING, S. 2000 « Raumordnung, Regionalplanung und kooperative Regionalentwicklung und ihre Aufgaben beim Risikomanagement der Naturgefahr Hochwasser », in Vorbeugender Hochwasserschutz auf kommunaler Ebene. Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden 13-14 décembre 2000, pp 42-54.

KRAEMER, R.A. ET JÄGER, F., 1997 "Germany" in F. Nunes Correia, Institutions for Water Resources Management in Europe, projet Eurowater, tome 1, Springer Verlag 1997 pp 183-316.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA), 1995, Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz Hochwasser-Ursachen und Konsequenzen-. Stuttgart novembre 1995, 24 p.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ, 2000, Hochwasserschutz. in Rheinland-Pfalz Bilanz und Ausblick 2000, Mainz, 2000, 33 p.

PORTMANN, F., HORST, G., 1996 Management and Prevention of Crisis Situations Floods, Droughts and Institutional Aspects. Country Paper of Germany'1' in European Network of Fresh Water Research Organisation, Management and Prevention of Crisis Situations : Floods, Droughts and Institutional Aspects. Proceedings, Rome, octobre 1996 pp 43-62.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM DARMSTADT, 1999, Projekt Retentionskataster Hessen: die niederschlagssektorsweise Erfassung der natürlichen Retentionsräume in Hessen, HGN Hydrogeologie GmbH, Darmstadt septembre 1999, 19 p.

REMBIERZ, W., 2000 "Vorbeugender Hochwasserschutz-Handlungsmöglichkeiten der Gemeinden" in Vorbeugender Hochwasserschutz auf kommunaler Ebene, Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden 13-14 décembre 2000, pp 5-13.

STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT FREISTAAT SACHSEN, 1995, Hochwasserschutz in Sachsen. Dresden juillet 1999, 41 p.

UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN, 1999 Hochwasserschutz Elbe in Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 1999, 75 p.

THÜRINGEN MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT, Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Bereiche in Thüringen, TMNLU, novembre 1999, 7p.

## 8 – Les documents relatifs au cas australien

Paul Thompson and John Handmer, Economic Assessment of Disaster Mitigation: An Australian Guide, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University for the Australian IDNDR Coordination Committee, November 1996 (90 pages).

John Handmer and Paul Thompson, Economic Assessment of Disaster Mitigation: A Summary Guide, Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, November 1996. An Australian IDNDR Committee funded project. (27 pages).

IDNDR Legal Aspects of Natural Disaster Prevention, Part 1: The Use of Economic Instruments for the Prevention of Natural Disasters, United Nations, October 1996.

Romulo Caballeros Otero & Richard Zapata Marti, The Impacts of Natural Disaster on Developing Economies: Implications for the International Development and Disaster Community. (Paper submitted for the technical session on the Economic Aspects of Natural Disaster Reduction for Sustainable Development during the World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama Japan 23-27 May 1994).

La bibliographie suivante provient du site du Gouvernement Australien, Department of Transport And Regional Services, Bureau of Transport and Regional Economics

<http://www.bte.gov.au/index.htm#Top> – <http://www.bte.gov.au/docs/r103/refer.htm>

ABARE 2000, Impact of Farmers' Expenditure on Employment and Population in Australian Towns, ABARE Current Issues, 2000.4, October.

Abrahams, M. J., Price, J., Whitlock, F. A. & Williams, G. 1974, 'The Brisbane floods, January 1974: Their impact on health', Medical Journal of Australia, no. 2, pp. 936-939.

ABS 2000, Australian System of National Accounts - Australia-Annual, ABS Cat. no. 5204.0, PC Ausstats online (accessed 15 September 2000).

- Alexander, I. 1978, 'The Planning Balance Sheet: An appraisal', ch. 3 in McMaster, J.C. & Webb, G.R. (eds.), *Australian Project Evaluation: Selected Readings*, Australian and New Zealand Book Company, Sydney.
- Allee, D. J., Osgood, B. T., Antle, L. G., Simpkins, C. E., Motz, A. B., Van der Slice, A. & Westbrook, W. F. 1980, *Human Costs of Flooding and Implimentability of Non-Structural Damage Reduction in the Tug Fork Valley of West U.S.*, Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Fort Belvoir, Virginia, cited in Parker, Green and Thompson (1987).
- Bannock, G., Baxter, R.E. & Davis, E. 1998, *The Penguin Dictionary of Economics*, 6th edition, Penguin, London.
- Bastiat, F. 1850, 'What is seen and what is not seen' in Boaz, D. (1997), pp. 265-273.
- Bennett, G. 1970, 'Bristol floods 1968, controlled survey of effects on health of local community disaster', *British Medical Journal*, no. 3, pp. 454-458, cited in Smith et al. (1979).
- Bentick, B.L. 1985, 'The impact of the fires on South Australian state forests', in Healey, Jarrett & McKay (1985), pp. 132-149.
- Boaz, D. (ed) 1997, *The Libertarian Reader*, The Free Press, New York.
- BTCE 1992, *Social Cost of Transport Accidents in Australia*, BTCE Report 79, AGPS, Canberra.
- BTCE 1996, *Valuing Transport Safety in Australia*, BTCE Working Paper 26, BTCE, Canberra.
- BTE 1998, *The Willingness to Pay Method for Valuing Road Accidents*, report prepared for the Road User Costs Steering Group, Austroads, September.
- BTE 1999a, *Cost of Civil Aviation Accidents and Incidents*, Report 98, Ausinfo, Canberra.
- BTE 1999b, *Facts and Furphies in Benefit-Cost Analysis: Transport*, Report 100, Ausinfo, Canberra.
- BTE 2000, *Road Crash Costs in Australia*, Report 102, Bureau of Transport Economics, Canberra.
- Butcher, G., Andrews, L. & Cleland, G. 1998, *The Edgecumbe Earthquake: A Review of the 2 March 1987 Eastern Bay of Plenty Earthquake*, Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, Christchurch.
- Catchment Management Unit 1990, *Nyngan: April 1990 Flood Investigation*, NSW Department of Water Resources, Sydney.
- Chamberlain, E.R., Doube, L., Milne, G., Rolls, M. & Western, J.S. 1981, *The Experience of Cyclone Tracy*, AGPS, Canberra.
- Chamberlain, E.R., Hartshorn, A.E., Muggleston, H., Short, P., Svensson, H. & Western, J.S. 1981, *Queensland Flood Report, Australia Day 1974*, AGPS, Canberra.
- Commission on Engineering & Technical Issues 1992, *The Economic Consequences of a Catastrophic Earthquake: Proceedings of a Forum August 1 and 2 1990*, National Academy Press, Washington.
- Country Fire Authority (CFA) 1983, *The Major Fires Originating 16th February, 1983*, Country Fire Authority, Melbourne.
- Department of Housing & Construction 1975, *Tracy, Phase One, Impact on Design, Building, Planning, Landscape; Preliminary Report Darwin Reconstruction Study*, Department of Housing & Construction, Canberra.
- Director-General Natural Disasters Organisation 1975, *Darwin Disaster: Cyclone Tracy, Report by the Director-General Natural Disasters Organisation on the Darwin Relief Operations 25 December 1974 - 3 January 1975*, AGPS, Canberra.
- Dore, M. & Etkin, D. 2000, 'The importance of measuring the social costs of natural disasters at a time of climate change', *The Australian Journal of Emergency Management*, vol. 15, no. 3, Spring, pp. 46-51.
- Earthquake Commission 1999, *Statement of Intent*, URL <http://www.eqc.govt.nz> (accessed 11 April 2000).
- EMA 1998, *Australian Emergency Management Glossary*, Australian Emergency Manuals Series, Part I, The Fundamentals, Manual 3, Canberra.
- EMA 1999, *Final Report of Australia's Coordination Committee for the International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) 1990-2000*, compiled by P. Marks, J. Rynn & S. Stevens, Canberra, Australia.
- Erikson, K.T. 1976, *Everything in its Path (Destruction of Community in the Buffalo Creek Flood)*, (also published as *In the Wake of the Flood*, 1979, Allen & Unwin, London), Simon & Schuster, New York, cited in Smith, Handmer and Martin (1980).
- FD Management 1998, *Valuing Travel Time Savings for Freight*, report prepared for ARRB TR, Melbourne.
- FEMA 1997, *Report on Costs and Benefits of Natural Hazard Mitigation*, URL [http://www.fema.com/mit/cb\\_toc.htm](http://www.fema.com/mit/cb_toc.htm) (accessed on 6 January 2000).
- Granger, K., Jones, T.D., Michael-Leiba, M.O., & Scott, G. 1999, *Community Risk in Cairns: A Multi-Hazard Risk Assessment*, AGSO.
- Gurd, C.H., Bromwich, A. & Quinn, J.V. 1975, 'The health management of Cyclone Tracy', *Medical Journal of*

Australia, vol. 1, pp. 641-644.

and, D. 2000, Report of the Inquest Into the Deaths Arising from the Thredbo Landslide, URL [http://www.lawlink.nsw.gov.au/lc.nsf/files/Thredbo\\_Final\\_Report.PDF](http://www.lawlink.nsw.gov.au/lc.nsf/files/Thredbo_Final_Report.PDF) (accessed 13 October 2000).

Handmer, J.W., Lustig, T.L. & Smith, D.I. 1986, 'Assessing intangible flood damages for evaluating urban floodplain management option', in preprints for Hydrology and Water Resources Symposium 1986, Institution of Engineers, Australia, Brisbane.

Healey, D.T. 1985, Introduction, in Healey, Jarrett & McKay 1985, pp. 1-13.

Healey, D.T., Jarrett, F.G. & McKay, J.M. (eds) 1985, *The Economics of Bushfires: The South Australian Experience*, Centre for South Australian Economic Studies, Adelaide and Oxford University Press, Melbourne.

Howe, C.W., Cochrane, H.C., Bunin, J.E., & Kling, R.W. 1991, *Natural Hazard Damage Handbook: A Guide to the Uniform Definition, Identification, and Measurement of Economic and Ecological Damages from Natural Hazard Events*, National Science Foundation, Virginia.

Joy, C.S. 1991, 'The cost of natural disasters in Australia', paper presented at the Climate Change Impacts and Adaptation Workshop, Climatic Impacts Centre, Macquarie University, New South Wales, Australia, 13-15 May.

Kates, R. W. 1965, *Industrial Flood Losses: Damage Estimation in the Lehigh Valley*, Department of Geography, University of Chicago Research Paper No. 98, Chicago (cited in Snowy Mountains Engineering Corporation (1975)).

Loster, T. 1999, 'Flood trends and global change', paper presented to the EuroConference on Global Change and Catastrophe Risk Management: Flood Risks in Europe, 6-9 June 1999, Laxenburg, Austria.

McFarlane, A.C., 1984a, 'Ash Wednesday & C.F.S. Fire Fighters', *The Volunteer*, vol. 20, combined autumn & winter issues, pp. 9-10.

McFarlane, A.C., 1984b, 'Ash Wednesday: The effects of a fire', *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, vol. 18, pp. 341-351.

McKay, J.M. 1985, 'Community participation in volunteer fire-fighting in the Adelaide Hills', in Healey, Jarrett & McKay (1985), pp. 74-88.

Mental Health Research & Evaluation Centre 1985, *The Health and Social Impact of the Ash Wednesday Bushfires: A Survey of the Twelve Months Following the Bushfires of February 1983*, South Australian Health Commission, Adelaide.

Middelmann, M. & Granger, K., (eds), 2000, *Community Risk in Mackay: A Multi-Hazard Risk Assessment*, AGSO, (in press).

Mules, T.J. 1985, 'An input-output analysis of the Ash Wednesday bushfires', in Healey, Jarrett & McKay (1985), pp. 15-27.

National Research Council 1999, *The Impacts of Natural Disasters: A Framework for Loss Estimation*, National Academy Press, Washington.

NHRC 1999a, 'The April 1999 Sydney Hailstorm', *Natural Hazards Quarterly*, vol. 5, no. 2, URL: <http://www.es.mq.edu.au/NHRC/web/nhq/nhq5-2tables.htm> (accessed 14 October 1999), Natural Hazards Research Centre.

NHRC 1999b, *Natural Hazards Quarterly*, December 1999, vol. 5, no. 4, pp. 1-4.

Northern Territory Library and Information Service 2000a,

Response to Cyclone Tracy: Reconstruction, URL <http://www.ntlib.nt.gov.au/tracy/advanced/Reconstruction.html> (accessed 7 April 2000).

Northern Territory Library and Information Service 2000b, Response to Cyclone Tracy: The Role of the Armed Forces, URL <http://www.ntlib.nt.gov.au/tracy/advanced/Forces.html> (accessed 7 April 2000).

Northern Territory Library and Information Service 2000c, Response to Cyclone Tracy: Darwin Post Cyclone Tracy, URL <http://www.ntlib.nt.gov.au/tracy/basic/Post.html> (accessed 4 August 2000).

NSW Coroner 1994, *New South Wales Bushfire Inquiry; Findings of the Coroner*, Sydney.

O'Shea, R.F. 1975, 'The Darwin cyclone disaster: Experience of the Queensland medical relief team', *Medical Journal of Australia*, vol. 1, pp. 649-650.

Oliver, J., Britton, N.R., & James, M.K. 1984, 'The Ash Wednesday bushfires in Victoria: 16 February 1983', *Disaster Investigation Report No. 7*, Centre for Disaster Studies, James Cook University, Townsville.

Parker, D.J., Green, C.H., & Thompson, P.M. 1987, *Urban Flood Protection Benefits: A Project Appraisal Guide*,

Gower Technical Press, Aldershot.

Petersen, D. 1999, 'Risky business', Courier Mail, 27 September 1999, p. 11.

Queensland Department of Emergency Services 1999, Natural Disaster Financial Assistance Arrangements within Queensland, Brisbane.

Read Sturgess & Associates 2000, Rapid Appraisal Method (RAM) for Floodplain Management, Department of Natural Resources & Environment, Melbourne.

Smith, D.I. 1994, 'Flood damage estimation - A review of urban stage-damage curves and loss functions', Water South Africa, vol. 20, no. 3, July, pp. 231-238.

Smith, D.I., Den Exter, P., Dowling, M.A., Jelliffe, P.A., Munro, R.G. & Martin, W.C. 1979, Flood Damage in the Richmond River Valley New South Wales: An Assessment of Tangible and Intangible Damages, ANU Press for the Richmond Interdepartmental Committee, Canberra.

Smith, D.I., Handmer, J.W. & Martin, W.C. 1980, The Effects of Floods on Health: Hospital Admissions for Lismore, ANU Press for the Richmond Interdepartmental Committee, Canberra.

Smith, D.I. Handmer, J.W., Greenaway, M.A. & Lustig, T.L. 1990a, Losses and Lessons from the Sydney Floods of August 1986, Volume 1, Environmental Management, Sydney and Centre for Resource and Environmental Studies, ANU, Canberra.

Smith, D.I. Handmer, J.W., Greenaway, M.A. & Lustig, T.L. 1990b, Losses and Lessons from the Sydney Floods of August 1986, Volume 2, Environmental Management, Sydney and Centre for Resource and Environmental Studies, ANU, Canberra.

Smith, D.I., Handmer, J.W., McKay, J.M., Switzer, M.A.D., & Williams, B.J. 1995, Non-structural Measures for Flood Mitigation: Current Adoption in Urban Areas, Volume 1, Report to the National Landcare Program, Centre for Resource and Environmental Studies, ANU, Canberra.

SMEC 1975, Brisbane River Flood Investigations, Final Report, Cities Commission, Snowy Mountains Engineering Corporation, Canberra.

Standards Australia 2000, Risk Management, AS/NZS 4360:1999, Strathfield, NSW.

Stern, G.M. 1976, The Buffalo Creek Disaster, Random House, New York, cited in Parker, Green & Thompson (1987) and Smith, Handmer & Martin (1980).

Tasmanian State Fire Commission, 1999 Annual Report.

Thompson, P. & Handmer, J. 1996, Economic Assessment of Disaster Mitigation: An Australian Guide, Centre for Resource Environmental Studies, ANU and Flood Hazard Research Centre, Middlesex University for the Australian IDNDR Committee.

Thomson, N. 1985, 'The South Australian bushfire cost to government', in Healey, Jarrett & McKay (1985), pp. 28-40.

Victorian Department of Treasury & Finance 1996, Investment Evaluation Policy and Guidelines, Department of Treasury & Finance, Melbourne.

Yeo, S. W. 2000, 'Flooding in Australia', Natural Hazards, in print.

## LISTE DES DOCUMENTS DE TRAVAIL D4E

## I - Etudes :

07 - E02 Des accords sectoriels dans les engagements post-2012 ?  
Aurélie VIEILLEFOSSE

07 - E01 Compatibilité de mesures de protection de la compétitivité d'une industrie soumise à réduction des émissions de carbone avec les règles de l'organisation mondiale du commerce  
Anaïs BERTHIER, Christine CROS



06 - E06 La prise en compte de la forêt dans le protocole de Kyoto. Perspectives pour le post 2012  
Aurélie VIEILLEFOSSE

06 - E05 Bénéfices économiques de la protection contre le risque d'inondation  
Patrick DERONZIER, Sébastien TERRA

06 - E04 Comparaison quantitative des plans nationaux d'allocation des quotas de CO<sub>2</sub>  
Sébastien MERCERON, Leila AZEM

06 - E03 Analyse économique de la régulation des dispositifs de responsabilité élargie du producteur  
Olivier ARNOLD

06 - E02 Les accords multilatéraux sur l'environnement et OMC  
Anaïs BERTHIER

06 - E01 Etude sur la valorisation des aménités du Loir  
Patrick DERONZIER, Sébastien TERRA

05 - E11 Comment respecter à moindre coût La directive "Nitrates" en Bretagne ? Intérêt des marchés de droits d'épandage  
Mélanie TAUBER, Fabien DJAOUT

05 - E10 Consentement local à payer et localisation d'un incinérateur  
Olivier ARNOLD, Sébastien TERRA

05 - E09 Causes et effets de l'instauration d'une redevance incitative d'enlèvement des ordures ménagères  
Olivier ARNOLD

05 - E08 Evaluer les bénéfices environnementaux sur les masses d'eau  
Patrick CHEGRANI

05 - E07 Evaluation de l'efficacité environnementale des périmètres de protection des captages  
Guillemette BUISSON

05 - E06 Les effets de la réforme de la PAC de juin 2003 sur la consommation d'eau par l'agriculture  
Guillemette BUISSON

- 05 - E05 Place de l'environnement dans le système juridique de l'OMC  
Ruth GABBAY
- 05 - E04 Comment les politiques publiques peuvent-elles accélérer le progrès sur les technologies de lutte contre le changement climatique ?  
Aurélié VIEILLEFOSSE
- 05 - E03 Modélisation du découplage des aides et environnement en agriculture  
Elsa LAVAL
- 05 - E02 Efficacité de la filière piles et accumulateurs  
Olivier ARNOLD
- 05 - E01 Les régulations environnementales ont-elles un effet sur le commerce extérieur de l'industrie française ?  
Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER, Céline BONNET
- 04 - E10 Les politiques environnementales ont-elles un impact sur la croissance ?  
Nicolas RIEDINGER
- 04 - E09 Estimation des nuisances pour la collectivité générées par les éoliennes de Sigean  
Sébastien TERRA
- 04 - E08 Stratégies d'échantillonnage et modèles de comptage dans la méthode des coûts de transport  
Sébastien TERRA
- 04 - E07 Bien public global et instruments des politiques nationales unilatérales  
Christine CROS, Sylviane GASTALDO
- 04 - E06 Principe de précaution et décision médicale  
Dominique BUREAU, Emmanuel MASSE
- 04 - E05 Préservation des ressources globales et développement économique  
Dominique BUREAU
- 04 - E04 Evaluation du coût subi par EDF suite à une mesure en faveur de la vie piscicole sur la Dordogne  
Franck FREDEFON
- 04 - E03 Valorisation économique d'une amélioration de la qualité de l'eau de l'étang de Berre  
Franck FREDEFON
- 04 - E02 La prise en compte du changement technique endogène affecte-telle l'équivalence entre taxes et permis ?  
Gilles SAINT-PAUL
- 04 - E01 Les différences de sévérité environnementale entre pays influencent-elles les comportements de localisation des groupes français ?  
Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER
- 03 - E09 Evaluation économique des aménités récréatives d'un parc urbain : le cas du parc de Sceaux  
Sylvie SCHERRER



- 03 - E08 Analyse économique de la rentabilité des filtres à particules sur les véhicules diesels neufs  
Emmanuel MASSE
- 03 - E07 Note sur l'évaluation des infrastructures de transport et l'étalement urbain  
Dominique BUREAU, Nicolas THOUVEREZ
- 03 - E06 Evaluation des bénéfices pour le public de la protection des espaces littoraux remarquables  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E05 Evaluation économique des aménités récréatives d'une zone humide intérieure : le cas du lac de Der  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E04 Exploration des engagements futurs en matière de changement climatique  
Vincent VAN STEENBERGHE
- 03 - E03 Quels instruments pour une politique environnementale ?  
Gilles SAINT-PAUL
- 03 - E02 Couverture des charges d'infrastructure et tarification de l'usage de la route  
Isabelle ROVIRA, Martine PERBET
- 03 - E01 Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E07 Pollutions atmosphériques transfrontières : mise en œuvre du protocole de Goteborg et de la directive plafonds  
Daniel DELALANDE
- 02 - E06 Régulation du bruit à Roissy : efficacité et instruments économiques  
Dominique BUREAU
- 02 - E05 Gisement d'énergie éolienne par région : quelques éléments d'éclairage économique  
Sabine GUILLAUME
- 02 - E04 Les accords de Bonn et Marrakech : analyse quantitative et mise en perspective  
Sandrine ROCARD, Eve ROUMIGUIERES
- 02 - E03 Typologie des modes de gestion des déchets ménagers par les collectivités locales  
Anne-Claire BOITEL, Christine LAGARENNE
- 02 - E02 Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 : le cas de la forêt de Fontainebleau  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E01 Régulation de la durée des contrats dans le secteur de l'eau  
Patrick DERONZIER
- 01 - E07 Effet de serre document de base de la maquette SAGESSE  
Eve ROUMIGUIERES

- 01 - E06 Déterminants de la consommation en produits de l'agriculture biologique  
Sylvie SCHERRER
- 01 - E05 Effet de serre : quantification de l'effort économique par les parties du protocole de Kyoto  
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E04 Déterminants des comportements de tri des ménages  
Christine LAGARENNE, Séverine WILTGEN
- 01 - E03 Combinaison des instruments prix et quantités dans le cas de l'effet de serre  
Boris COURNEDE, Sylviane GASTALDO
- 01 - E02 Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la concurrence : le cas de la fiscalité  
Jérôme RIEU
- 01 - E01 Effets économiques du Protocole de Kyoto : une maquette internationale  
Jean-Pierre BERTHIER, Martin GUESPEREAU, Eve ROUMIGUIERES

## **II - Méthodes :**

- 05 - M06 La monétarisation de l'indice pollution population pour l'analyse coût-bénéfice des projets de transport  
Pierre BARBERA
- 05 - M05 Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des coûts de transport  
Sébastien TERRA
- 05 - M04 Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente  
Sébastien TERRA
- 05 - M03 Options réelles environnementales  
Emmanuel MASSE, Stéphane GALLON
- 05 - M02 Guide pour l'élaboration de cahiers des charges pour des études de valorisation des dommages et aménités environnementales en 5 questions/réponses  
Sébastien TERRA
- 05 - M01 Guide pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques  
Sébastien TERRA
- 04 - M07 Maquette ECHEANCES : Epuisement des Combustibles selon Hotelling et Application Naturelle au Contingentement de l'Effet de Serre  
Hélène OLLIVIER
- 04 - M06 Articulation entre quotas échangeables et mesures de gestion des ressources halieutiques : éléments pour l'évaluation économique d'aires marines protégées  
Dominique BUREAU
- 04 - M05 Qu'est-ce qu'un marché de permis ? Adaptation du jeu de simulation de l'ENSAE à un marché de crédits « Azote »

- 04 - M04 Tourisme, loi littoral et économie de l'environnement  
Dominique BUREAU
- 04 - M03 Fiches DPSEEA élaborées à partir du rapport final de la commission d'orientation pour le plan santé Environnement  
Camille FEVRIER
- 04 - M02 Arbitrages intertemporels, risque et actualisation  
Stéphane GALLON, Emmanuel MASSE
- 04 - M01 Le cycle de la prévention et de l'information sur les risques  
Patrick MOMAL
- 03 - M03 La culture du risque et de la sûreté  
Patrick MOMAL
- 03 - M02 Rapport du groupe de réflexion environnement et applications de l'espace  
Bertrand GALTIER, Michel LEBLANC
- 03 - M01 Le système d'information environnementale français  
Armelle GIRY
- 02 - M02 Santé environnement : problèmes et méthodes  
Benoît VERGRIETTE
- 02 - M01 Intérêts et limites des variables biologiques en écotoxicologie aquatique  
Patrick FLAMMARION
- 01 - M02 Indicateurs environnementaux : méthodes et utilisation pour l'évaluation des politiques publiques  
Xavier DELACHE
- 01 - M01 Méthodologie de valorisation des biens environnementaux  
Sylvie SCHERRER

### III - Synthèses :

- 06 - S05 Responsabilité environnementale. L'introduction en France d'une procédure d'action de groupe inspirée de la « class action » des Etats-Unis  
Grégoire LAGNY
- 06 - S04 Taxes sur les prélèvements d'eau : état des lieux en Europe  
Pauline BREMOND, Guillemette BUISSON
- 06 - S03  
Hélène FRANCES
- 06 - S02 Le mécanisme de développement propre (MDP) : bilan et perspectives  
Aurélien VIEILLEFOSSE

- 06 - S01 Le traitement bio-mécanique des déchets  
Olivier ARNOLD
- 05 - S04 Liens DPSIR et modélisation de la gestion de l'eau  
Patrick DERONZIER
- 05 - S04 Le cadre d'analyse DPSIR appliqué à la gestion des déchets en France  
Olivier ARNOLD
- 05 - S03 Les études de monétarisation des externalités associées à la gestion des déchets  
Benoît CHEZE, Olivier ARNOLD
- 05 - S02 Plan National d'Affectation des Quotas : retour d'expérience  
Sébastien MERCERON
- 05 - S01 Les différentes gestions du dossier de l'amiante  
Grégoire LAGNY
- 04 - S07 Mécanismes économiques à l'œuvre sur la biodiversité dans les secteurs de l'agriculture, la forêt, l'eau, la pêche, le tourisme et les transports  
Christine CROS
- 04 - S06 Evolution du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles  
Annie ERHARD-CASSEGRAIN, Emmanuel MASSE, Patrick MOMAL
- 04 - S05 Développement durable et aménagement routier : le cas de la RN88  
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S04 L'économie de l'effet de serre : point sur les engagements internationaux de lutte contre le changement climatique  
Aurélie VIEILLEFOSSE
- 04 - S03 Entreprises et développement durable  
Irène CABY
- 04 - S02 Références méthodologiques pour la prise en compte de l'environnement dans les projets routiers  
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S01 Déchets ménagers en France. Financement du service et recyclage : Exemples de travaux d'évaluation économiques utiles à la décision publique  
Patrick DERONZIER, Olivier ARNOLD
- 03 - S06 L'évaluation des aménités et des dommages environnementaux  
Sylvie SCHERRER
- 03 - S05 Les enseignements pour la France des régimes de responsabilité environnementale en vigueur à l'étranger : l'exemple des Etats-Unis et du Brésil  
Catherine SCHLEGEL, Laurent VERDIER
- 03 - S04 Les engagements futurs dans les négociations sur le changement climatique  
Séminaire D4E
- 03 - S03 Economie de l'environnement et décision publique  
Dominique BUREAU

- 03 - S02 Biens publics mondiaux et négociations internationales  
Hélène FRANCES, François NASS
- 03 - S01 Axes pour la recherche en environnement et en développement durable dans le sixième programme cadre de recherche et développement de l'union européenne  
Groupe thématique national français « recherche européenne, environnement et développement durable »
- 02 - S02 Marchés de droits : expériences passées et débuts pour l'effet de serre  
Christine CROS, Sylviane GASTALDO
- 02 - S01 Microéconomie du développement durable : une introduction  
Dominique BUREAU
- 01 - S05 L'impact économique des tempêtes de décembre 1999  
Annie ERHARD-CASSEGRAIN
- 01 - S04 Ouverture des marchés de l'électricité et environnement  
Dominique BUREAU, Sylvie SCHERRER
- 01 - S03 La responsabilité environnementale  
Patrick MOMAL
- 01 - S02 Gouvernance mondiale et environnement  
Dominique BUREAU, Marie-Claire DAVEU, Sylviane GASTALDO
- 01 - S01 Les rapports environnementaux des entreprises  
CHRISTINE LAGARENNE, MARC AVIAM