

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

Manuel des pratiques existantes européennes

2009

Sommaire

Méthodologie	3
Introduction	4
Pourquoi évaluer la pertinence des projets de prévention et de gestion des inondations?	6
Les pratiques existantes européennes : présentation	8
1. Les recommandations de l'OCDE	8
2. Le Royaume Uni	9
3. L'Allemagne	12
4. Les Pays Bas	24
5. La Suisse	26
6. La Belgique	29
Les pratiques européennes : les premiers enseignements	32
Conclusion	36
Bibliographie	37
Annexes	41
A. Les approches économiques	42
B. Les pratiques européennes	47

Méthodologie

Après avoir étudié les pratiques existantes françaises, nous nous attardons dans ce manuel sur les pratiques européennes existantes. Cinq pays ont retenu notre attention pour leurs avancées méthodologiques et opérationnelles des approches économiques dans la gestion des inondations. Il s'agit du Royaume Uni, de la Suisse, de l'Allemagne, des Pays Bas et de la Belgique.

Pour chacun de ces pays, l'objectif a été à la fois de comprendre le contexte réglementaire, les outils et méthodes mis en place ainsi que leurs applications dans un processus d'aide à la décision. Les applications présentées ici ont souvent fait l'objet de programmes INTERREG qui ont permis, par la même occasion, de faire des avancées méthodologiques. Bien évidemment, la liste des applications et, pour certains pays, des méthodes n'est pas exhaustive. Dans les mois à venir, nous nous attacherons à intégrer de nouvelles démarches si celles-ci nous semblent pertinentes dans notre analyse.

L'objectif de ce manuel étant de comprendre les démarches européennes dans une optique de mise en œuvre d'une démarche française, chaque étude a été analysée selon les mêmes critères que ceux identifiés dans le manuel des pratiques existantes françaises : les enjeux retenus, les données collectées et les fonctions de dommages utilisées.

Introduction

Toute inondation entraîne des effets, des impacts, des pertes pour les personnes et les biens sinistrés mais aussi des effets induits pour tout un territoire (plus ou moins vaste) et elle peut donc causer des dommages conséquents et s'avérer très coûteuse. Comme l'explique la Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite Directive Inondation, il s'agit de « phénomènes naturels, qui ne peuvent être évités [...] certaines activités humaines [...] et les changements climatiques contribuent à en augmenter la probabilité et les effets négatifs ».

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

Sans attendre cette Directive, certains pays européens ont déjà mis en place des outils d'aide à la décision intégrant une approche économique. Cette expérience ne peut être que bénéfique pour la France pour mettre au point un éventuel cadre standard, une démarche commune et partagée.

C'est dans ce contexte que ce manuel a été rédigé. L'objectif est de recenser les démarches européennes qui évaluent la pertinence des projets de gestion et de prévention des inondations en intégrant une approche économique comme outil d'aide à la décision. Comprendre les démarches, les hypothèses, les méthodes, les résultats développés et obtenus ainsi que les difficultés rencontrées permet de franchir une première étape dans l'élaboration d'un cadre commun en vue de l'analyse de la pertinence et de la prise de décision.

Cinq pays ont retenu notre attention : le Royaume Uni, la Suisse, la Belgique, les Pays Bas et l'Allemagne. Nous allons nous attacher dans ce manuel à présenter le contexte réglementaire de chacun de ces pays, les méthodes mises en place et leurs éventuelles applications.

Avant cette présentation, nous rappellerons dans le premier chapitre pourquoi l'analyse de la pertinence est un atout dans la gestion du risque d'inondation, nous rappellerons succinctement les principes des méthodes d'analyse économique utilisées dans l'évaluation de la pertinence des mesures. Le troisième chapitre s'attardera sur les approches

européennes recensées. Enfin le dernier chapitre tirera les premiers enseignements de ces expériences européennes.

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

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

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

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

Décider avec transparence et visibilité

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

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

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

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

Elaborer une stratégie globale

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

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

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

Outil de programmation, de conduite et d'évaluation

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

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

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

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

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

Les pratiques existantes européennes : présentation

Cinq pays européens ont retenu notre attention. Ils appliquent déjà des approches économiques pour évaluer la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation. Il s'agit du Royaume Uni, des Pays Bas, de l'Allemagne, de la Belgique et de la Suisse. Cette section propose de donner les principales étapes de ces méthodes, l'Annexe B de ce manuel apportant davantage de détails. Avant d'étudier ces différentes méthodes, nous nous attardons sur les recommandations de l'OCDE.

1. Les recommandations de l'OCDE¹

L'OCDE prodigue depuis de nombreuses années des recommandations en matière d'évaluation sociale des projets (investissements) et des politiques. À la fin des années 60 et au cours des années 70, elle a joué un rôle important dans la mise au point de l'analyse des coûts et des bénéfices sociaux.

Les recommandations officielles détaillées sur la façon de mener une ACB sont rares et tendent à se cantonner aux pays où cet instrument fait partie intégrante de « l'analyse d'impact des réglementations » (AIR), (parfois également appelée « évaluation de l'impact des réglementations »).

Les principales recommandations de l'OCDE sont les suivantes (Pearce et al., 2006) :

- Déterminer la situation : éviter si possible de n'envisager qu'une seule option, car il peut en exister d'autres offrant des bénéfices nets plus élevés.
- Examiner la question de l'échelle de mise en œuvre : proposer la même politique mais à une échelle différente revient à proposer une autre option que celle initialement envisagée.
- Établir quelles sont les différentes options envisageables et jusqu'à quel point elles s'excluent mutuellement.
- Face à des options s'excluant mutuellement et dont les coûts sont identiques, choisir celle qui offre les bénéfices nets les plus élevés.
- Si par contre les diverses options ont des coûts différents, « normaliser » les politiques en comparant chacune d'elles à celle dont les coûts sont les plus élevés, en tenant compte des bénéfices tirés de l'utilisation des sommes « économisées » grâce à l'adoption des politiques moins coûteuses.
- Refuser qu'une date unique soit proposée pour le démarrage d'une politique. Considérer le report de la date de démarrage comme une autre option envisageable et chercher à maximiser les bénéfices sociaux nets. En d'autres termes, prendre en considération les coûts et les bénéfices d'un report.

¹ Cette section est principalement tirée du document de PEARCE D., ATKINSON G., MOURATO S., 2006, Analyses coûts-bénéfices et environnement – Développements récents, Edition OCDE

- Lorsque l'on dispose d'un certain budget et que plusieurs politiques pourraient être simultanément mises en oeuvre, classer celles-ci selon leurs ratios bénéfices - coûts. Procéder par ordre décroissant jusqu'à ce que le budget soit épuisé.

La valeur actuelle nette ou les bénéfices nets constituent le critère qu'il convient d'appliquer pour exprimer les bénéfices et les coûts en une valeur synthétique unique. De l'avis général, le taux de rentabilité interne (TRI) ne devrait pas être utilisé pour classer et sélectionner les projets s'excluant mutuellement.

2. Le Royaume Uni

2.1. Le contexte

Depuis les années 70, l'Angleterre et le Pays de Galle s'attachent à évaluer le risque lié aux inondations ainsi que les dommages à différents niveaux d'échelle (Meyer et al., 2005). D'ailleurs, dès les années 70, les évaluations économiques des projets ont été rendues obligatoires pour obtenir des subventions du gouvernement central dans le cadre de la construction d'un ouvrage de protection.

2.2. La méthode

Les fonctions de dommage proposées par le Flood Hazard Research Center (guide Multi-coloured) représentent la base des études d'évaluation des dommages à tous les niveaux d'échelle (Meyer et Messner, 2005). Pour les projets à petite échelle, une base de données détaillée est nécessaire. Pour les niveaux d'échelle meso ou macro, des fonctions plus agrégées sont utilisées.

Le guide Multi-coloured (« Blue manual » en 1977, « Red Manual » en 1987 et « Yellow Manual » en 1992 et une dernière version du guide en 2003) donne des recommandations, entre autres, sur l'évaluation des dommages sur le bâti, les biens non résidentiels, les services publics, les routes, les voies ferrées, les frais d'urgence et l'agriculture.

Concernant l'occupation du sol, les deux catégories suivantes sont prises en compte :

- Propriétés résidentielles (considérant pour chacun des points suivants sept sous-catégories en fonction de l'année de construction d'avant 1919 à après 1985) :
 - o Adjacents ;
 - o Mitoyennes ;
 - o Les terrasses ;
 - o Les bungalows ;
 - o Les appartements ;
- Propriétés non résidentielles :
 - o Magasin (kiosque, hypermarché...) ;
 - o Services de voiture (garage, agence location...) ;
 - o Commerces de détail (restaurant, café, coiffeur...) ;

² Des plans et des photos sont proposés pour illustrer les différentes maisons ou appartements en fonction de l'année de construction.

- Bureaux (banque...) ;
- Distribution/Logistique (entrepôt, transport routier...) ;
- Loisir (théâtre, cinéma, caravane, hôtel...) ;
- Sport (terrain de football, de golf, piscine...) ;
- Etablissement public (hôpital, école, musée, police...) ;
- Industrie ;
- Divers (parking, station du bus, cimetière...).

Des courbes de dommage sont établies pour la majorité des sous-catégories citées ci-dessus.

Dommage sur le bâti résidentiel

Le guide propose une estimation des dommages en fonction :

- de la durée de l'inondation (plus ou moins 12 jours) ;
- du type de logement : dix catégories (bungalow, appartement, secteur résidentiel, terrasse...) ;
- des caractéristiques de l'habitation : 8 catégories (jardin, étage, présence de bois...) ;
- des effets personnels des ménages : 8 catégories (équipement audio/vidéo, chauffage, revêtement du sol...) ;
- de la hauteur d'eau : 15 catégories de -0,30 à 3 mètres ;
- de la classe sociale : 5 catégories (classe moyenne et moyenne +, classe moyenne -, classe ouvrière qualifiée, classe ouvrière) ;
- de l'année de construction : 6 catégories (1919, 1919-1944, 1945-1964, 1965-1974, 1975-1985, après 1985).

Dommages sur les biens non résidentiels

Les secteurs suivants sont concernés :

- Activités commerciales ;
- Bureau ;
- Distribution/Logistique ;
- Loisir/Sport ;
- Bâtiment public ;
- Industrie ;
- Divers.

Ces secteurs sont divisés en 10 catégories et 66 sous-catégories.

Dommages sur les services publics, routes, voies ferrées, et services d'urgence

Plusieurs thèmes peuvent être analysés :

- Perturbation du trafic routier : coût du temps additionnel et coût des ressources supplémentaires (fonction de la vitesse du véhicule). Il est nécessaire de connaître les routes coupées par l'inondation, le volume du trafic, le coût du trajet et les itinéraires bis ;
- Perturbation du trafic du train : il faut déterminer le nombre de passagers par jour, connaître les lignes coupées, appliquer une compensation par passager liée au délai de trajet supplémentaire ou à l'annulation du trajet (donné en Annexe 6).

- du guide Multicoloured) et la conversion de la perturbation annuelle moyenne en fonction de la période de retour de l'évènement ;
- Services d'urgence : autorités locales, police, pompier, ambulance, Agence environnementale, services bénévoles et l'armée : retour d'expérience des évènements d'automne 2000.

Dommages sur l'agriculture

Le guide propose les prix, les surfaces, l'output, les coûts variables, les coûts fixes, les marges pour six cultures (blé d'hiver, colza, pois, haricot, betteraves sucrières, pommes de terre) les coûts variables, les marges et les coûts fixes par tête de bétail (vaches laitières, vaches de boucherie, bovins de boucherie, moutons).

Tableau 1 : Le Royaume Uni : la méthode du FHRC

Les enjeux	Les données		Type de fonctions d'endommagement
Bâti	Hydrauliques	Hauteur d'eau Durée de submersion	Coefficients d'endommagement proposés en fonction des caractéristiques matérielles et humaines considérées.
	Enjeux matériels	Nombre de logements par type (Bungalow, appartement...) Caractéristiques du logement (jardin, étage...) Effets du ménage (équipements, revêtement du sol...) Année de construction	
	Enjeux humains	Classe sociale	
Dommages sur les biens non résidentiels	Hydrauliques	Hauteur d'eau Durée de submersion	Coefficients d'endommagement proposés en fonction des caractéristiques matérielles et humaines considérées.
	Enjeux matériels	Type de biens résidentiels	
		Caractéristiques précises	
		Localisation du bien	
Dommage sur les services publics, routes, voies ferrées et services d'urgence	Routes, voies ferrées	Nombre de passagers par jour	
		Compensations financières	
	Services d'urgence	Nombre de personnels	
		Nombre de voitures	
		Nombre d'équipements	
	Services publics	Total des charges	
Dommages sur l'agriculture		Nombre d'hectares	Prix à l'hectare ou par tête
		Nombre de têtes de cheptels	

		Nombre d'hectares détruits	
		Nombre de têtes de cheptel perdues	

2.3. Applications

Plusieurs applications pourraient être mentionnées dans ce paragraphe. Trois d'entre elles nous ont paru plus pertinentes (ces applications sont présentées plus longuement en Annexe) :

- L'Environment Agency a réalisé un guide donnant des recommandations en matière d'approche économique destinées à des acteurs opérationnels.
- Un logiciel d'aide à la décision, MDSF, intégrant l'évaluation économique est proposé par HR Wallingford, Halcrow, CEH Wallingford, FHRC pour le DEFRA et l'Environment Agency. Il permet d'assister les plans de gestion des inondations, du littoral, des études...
- Le programme de recherche Floodsite retenu par le 6^{ème} PCRD joue un rôle clé dans la mise en œuvre des approches économiques pour évaluer la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation. Il a donné lieu à plusieurs guides méthodologiques.

2.4. Les avantages et les inconvénients de l'expérience du Royaume Uni

La méthode établie au Royaume Uni est une expérience incontournable. L'équipe de recherche du Flood Hazard Research Center se pose ces questions depuis une trentaine d'années. Cela a demandé beaucoup de temps, d'investissement et d'énergie, qu'il faudrait également mobiliser si la méthode française ne partait de rien. L'outil proposé semble être exhaustif, tout au moins pour les dommages directs. Il a permis la création d'une base de données de dommage qui pourrait être adaptée au cas français (exemple: l'étude sur Nîmes). Par contre, un tel outil nécessite beaucoup de données d'enjeux avec une utilisation qui peut paraître assez lourde. Il serait sans doute possible de s'inspirer d'une telle approche en la simplifiant. Enfin, les documents analysés n'intègrent jamais cet outil au sein d'une démarche de prise de décision, ce qui pourtant reste indispensable pour la création d'une culture commune et partagée.

3. L'Allemagne

3.1. Le contexte

En Allemagne, il n'existe pas de méthode standard au niveau fédéral. La gestion du risque d'inondation et la mise en place de la directive Inondation dépendent des Länder.

Buck et Pflügner (2008) constatent que l'obligation de la réalisation des analyses coût bénéfice est intégrée de plus en plus dans les règlements légaux et dans les manuels des Administrations de la Gestion de l'Eau des Länder. Certains Länder sont en train de développer une méthode de l'évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque

d'inondation. Au niveau fédéral, des groupes de travail sont constitués. Ils proposent des méthodes qui prennent la forme de directives non obligatoires.

3.2 Les méthodes

Nous avons identifié plusieurs méthodes : certaines sont à l'initiative des Länder (Bade-Wurtemberg, Saxe), d'autres sont des projets de recherche (KRIM, INNIG, MEDIS, REISE), et les dernières sont issues des groupes de travail à l'échelle fédérale (DWA, LAWA).

3.2.1 Les études des Länder

A notre connaissance, deux Länder, Bade-Wurtemberg et Saxe, ont proposé une méthode standard pour l'évaluation économique des projets de prévention des inondations. Le groupe de travail « dommage potentiel » de Bade-Wurtemberg, que le CEPRI a pu suivre, s'appuie sur le rapport d'IKONE, qui sera présenté dans la première section. La seconde section s'attarde sur l'analyse multi-critères de la Saxe.

3.2.1.1 IKONE

IKONE est un programme s'attachant à l'intégration et à la coordination des mesures liées à la gestion des eaux ainsi que des planifications locales et régionales sur le bassin versant de la rivière Neckar. Il a été établi par le Land de Bade-Wurtemberg en 1998. Il intègre quatre plans d'action liés aux crues, à la structure, à la qualité des eaux et à l'interface entre l'homme et l'eau.

L'étude d'IKONE, qui date de 2003, a été élaborée en collaboration avec le bureau d'étude Ruiz Rodriguez et Zeisler, une communauté d'ingénieurs de la construction hydraulique et de la gestion des eaux. Elle a pour objectif d'évaluer les dommages avec une approche surfacique.

Les enjeux recensés sont issus du cadastre ALK/ALB³ et du système ATKIS⁴. Ces deux sources de données comportent des informations sur l'occupation du sol sous forme numérique avec une classification différente de l'occupation du sol. Afin de caractériser la valeur des biens par surface, les données de la statistique économique sont intégrées et comparées aux données d'occupation du sol.

Le dommage par type d'occupation du sol est estimé à l'aide de fonctions d'endommagement. Ces fonctions, qui sont appliquées aux classes de ALK/ALB et aux classes de ATKIS, ont été établies dans le cadre de l'élaboration de l'Atlas du Rhin (2001). Elles sont dérivées de la base de donnée HOWAS⁵.

Des taux sont intégrés pour tenir compte de l'effet du délai de réaction (à la suite de la prévision de crue) et de l'anticipation personnelle. Ces taux ont été élaborés grâce aux retours d'expérience.

³ Automatisierte Liegenschaftskarte/Automatisiertes Liegenschaftsbuch (fr.: carte/livre automatisée des biens fonciers)

⁴ Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (fr.: système d'information cartographique-topographique officiel)

⁵ Voir encadré 2 des Annexes.

Les cas « avec protection » et « sans protection » sont pris en compte. La valeur actuelle de la réduction potentielle de dommage est comparée à la valeur actuelle des coûts (d'investissement, de fonctionnement, de des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation) pour vérifier la rentabilité de la mesure analysée.

Les enjeux utilisés dans l'étude d'IKONE sont les suivants :

- ü Alimentation en eau et énergie, l'exploitation des mines ;
- ü Industrie manufacturière, du bâtiment ;
- ü Commerce et prestations de service ;
- ü Etat, organisations privées sans bénéfice ;
- ü Transport et transmission des informations ;
- ü Agriculture et sylviculture, stock, bétail ;
- ü Capital d'habitat, biens mobiliers ;
- ü Produit sol labours ;
- ü Produit sol prairie ;
- ü Produit sol culture spéciale ;
- ü Produit forêt « forêt mixte » ;
- ü Travaux publics en sous-sol.

La méthode IKONE est une des plus anciennes approches économiques dans le domaine des inondations en Allemagne. Elle est d'ailleurs reprise par de nombreuses études. Elle s'appuie sur des bases de données qui ne sont pas disponibles en France. Son adaptation sera donc difficile mais cette étude peut être une base de réflexion pour l'élaboration d'une méthode standardisée.

3.2.1.2 Méthode de la hiérarchisation des mesures de protection contre les inondations en Saxe

Le Ministère de l'Environnement et de l'Agriculture de la Saxe et l'Administration des Barrages « Landestalsperrenverwaltung » de la Saxe ont élaboré un instrument multi-critères pour la hiérarchisation de 1°600 projets de protections inscrits dans les plans de protection contre les crues de la Saxe.

Cet instrument ne semble pas avoir été utilisé pour analyser d'autres projets (il n'est pas obligatoire).

L'instrument multi-critères reprend deux critères économiques (évaluables en terme monétaire) et deux critères hydrotechniques et sociaux (non – monétaires) et se fonde sur un système de points.

Lors de l'évaluation d'une mesure, un certain nombre de points est attribué à chaque critère en fonction de l'effet de cette mesure sur celui-ci. Tous les critères disposent du même nombre maximal de points. Finalement, la mesure est classée en priorité « faible », « moyenne » ou « haute ».

Les critères sont les suivants :

- ü Dommage potentiel ;
- ü Rapport coût – bénéfice ;
- ü Effets liés à la gestion des eaux (effets hydrauliques, écologiques, etc.) ;
- ü Vulnérabilité de la zone à protéger.

Cette étude intègre également une estimation du dommage potentiel qui est différente de l'étude d'IKONE. Ici, l'estimation du dommage potentiel cumulé se fait du degré de protection actuel jusqu'au degré de protection visé. Un taux normalisé de dommage tenant compte des événements de toutes les périodes de retour et un taux tenant compte du type d'occupation du sol de la zone touchée sont pris en compte.

L'étude de la Saxe présente un rapport coût – bénéfice. Les coûts d'investissement et un taux tenant compte des frais des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation sont intégrés. Cette approche renonce à prendre en compte les coûts de fonctionnement et les coûts absolus des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation.

Cette méthode permet d'inclure des critères non monétaires dans la prise de décision. La partie économique peut être transférée en France, en adaptant les données nécessaires à sa mise en place.

3.2.2 Les projets de recherche

Le programme « gestion du risque d'inondation extrême » (RIMAX) a été créé par le Ministère Fédéral de la Formation et de la Recherche (BMBF) en 2005. Les projets de recherche présentent des approches intégrées (KRIM et INNIG) ou des éléments de la quantification du risque d'inondation (MEDIS). Les résultats obtenus contribuent au développement et à l'implémentation de meilleurs outils de gestion du risque d'inondation.

3.2.2.1 Projet KRIM

Le projet « Changement Climatique et Gestion Préventive du Risque et de la Protection Côtière à la Côte Allemande de la Mer du Nord » (KRIM, 2005) intègre une estimation des dommages écologiques, un recensement des enjeux, des fonctions de dommage et une analyse coût bénéfice.

KRIM est un projet de recherche subventionné par le Ministère Fédéral de la Formation et de la Recherche (BMBF) de l'Allemagne. Il vise au développement des connaissances liées à la gestion préventive du risque et de la protection côtière en tenant compte des impacts du changement climatique. KRIM intègre sept sous-projets : hydrodynamique et morphologie, protection côtière, écologie, processus politico- administratifs, analyse du risque économique régional, changement climatique et population, analyse intégrative et système d'aide à la décision.

Les résultats de ce projet ont été intégrés dans le projet INNIG.

Aucune autre étude n'intègre une approche de l'estimation des dommages écologiques. Elle s'appuie sur la méthode du transfert de bénéfice d'une première étude identifiée. Le capital écologique est estimé à l'aide des réponses à la question « A combien la société estime-t-elle la somme des biens écologiques produite par ce type de paysage ? ». Ce consentement à payer pour la protection du paysage reflète le dommage écologique.

Cette étude recense les valeurs des biens de la ville de Brême des années 1998-2000 (Mai S. et al., 2004). Les sources de données sont très différentes. Les types de données dans KRIM sont très nombreux°:

- ü Habitants ;
- ü Habitation ;
- ü Biens mobiliers ;
- ü Voiture particulière ;
- ü Valeurs des biens des secteurs économiques : agriculture et sylviculture, pêche, exploitation des mines, gestion de l'eau et de l'énergie, secteur manufacturier, industrie du bâtiment, commerce, tourisme, trafic et télécommunication, financement et location et prestations de services d'entreprises, prestataires publics et privés de service ;
- ü Stock des secteurs économiques (cf. ci-dessus) ;
- ü Valeur ajoutée des secteurs économiques (cf. ci-dessus) ;
- ü Valeur du bétail (1999) ;
- ü Surfaces découvertes publiques (1998) ;
- ü Routes : autoroutes, routes nationales, routes du Land, rues communales ;
- ü Lignes ferroviaires ;
- ü Valeur du sol : centre-ville, terrain à bâtir pour le logement, surfaces artisanales, labours, prairie.

L'étude KRIM se base sur des fonctions de dommage de trois études à l'échelle méso (Elsner W. et al., 2005) qui comportent des données de dommage pour les catégories suivantes°:

- ü Secteur manufacturier ;
- ü Agriculture ;
- ü Commerce et transport ;
- ü Services ;
- ü Etat ;
- ü Stock ;
- ü Habitation ;
- ü Biens mobiliers ;
- ü Véhicules automobiles ;
- ü Infrastructure.

$$\text{Le critère de décision est } K_0 = A_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

avec

K_0 = valeur du projet au moment de référence ;

A_0 = coûts d'investissement initiaux ;

B_i = bénéfices ;

C_i = coûts au moment de t_i ;

r = taux d'actualisation ;

$i = 1, \dots, n$ (durée du projet en années).

Le projet présentant la plus grande valeur K_0 sera préféré.

Cette approche est principalement intéressante pour l'évaluation des dommages écologiques qu'elle propose. Nous pourrions réfléchir à l'utilisation de cette méthode en France.

3.2.2.2 Les projets RIMAX

Le programme « Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse »⁶ (RIMAX) (2005-2008) intègre plus de trente projets de différentes disciplines et a pour but le développement et la mise en oeuvre d'outils améliorant la gestion du risque d'inondation.

Trois projets vont être présentés : INNIG, MEDIS et REISE.

3.2.2.2.1 INNIG

Le sous-projet « Analyse et Contrôle du Risque » du projet interdisciplinaire INNIG (« gestion intégrée du risque d'inondation dans une société individualisée ») est analysé. Il propose une approche de la quantification du risque d'inondation.

INNIG est un projet interdisciplinaire, subventionnée par le Ministère Fédéral de la Formation et de la Recherche (BMBF) de l'Allemagne, qui intègre cinq sous-projets : analyse et contrôle du risque, culture du risque, traitement et comportement du risque, contrôle du risque au niveau politico-administratif, intégration. Son objectif a été de développer le concept d'une gestion intégrée du risque d'inondation et d'améliorer la communication du risque d'inondation afin de sensibiliser la population et les élus. Le Sénateur de l'environnement de Brême a décidé, entre autres, la publication des résultats du projet sur une plateforme d'informations en ligne. Les résultats de ce projet ont donc pu être utilisés pour d'autres projets.

La méthode suivie par ce projet comporte trois étapes :

- ü Estimation du nombre d'enjeux qui se trouvent dans la zone d'étude et détermination des types d'occupation du sol ;
- ü Estimation de la valeur sur chaque surface occupée et des dommages ;
- ü Réalisation une analyse coût bénéfice.

INNIG reprend les valeurs des biens de l'étude de KRIM pour la zone d'étude de Brême. Les surfaces de la zone d'étude sont classées en fonction de leur occupation du sol à l'aide du catalogue d'objet ATKIS comme dans l'étude IKONE. Ensuite, les valeurs disponibles des catégories recensées sont attribuées aux surfaces correspondant au type d'occupation de sol. Le dommage à chaque surface est estimé en considérant la valeur des biens présente par catégorie et le taux d'endommagement de cette catégorie. Le taux résulte des fonctions de dommage dépendant de la hauteur d'eau qui sont développées dans le cadre du projet KRIM (Elsner W. et al., 2005). L'approche coût bénéfice compare les coûts de la construction des zones d'expansion de crue aux bénéfices estimés à l'aide des fonctions de dommage et d'une simulation bidimensionnelle qui donne les hauteurs d'eau pour un certain scénario de crue.

⁶ Gestion du risque d'inondation extrême.

Cette méthode s'appuie sur la disponibilité des données d'occupation du sol et de valeurs des surfaces occupée. Elle pourrait être transposée en France en fonction de la disponibilité des données nécessaires à sa mise en œuvre.

3.2.2.2.2 MEDIS

L'étude du projet « méthodes d'estimation des dommages directs et indirects causés par l'inondation » (MEDIS) ne présente qu'un élément d'aide à la décision. Thielen et al. (2008a) présente une approche d'estimation de dommages directs et indirects et de données de dommage standardisées.

Le projet MEDIS a visé à l'amélioration des approches d'estimation des dommages économiques. À partir des données de dommages causés par les inondations en 2002, 2005 et 2006, les méthodes élaborées ont été validées, testées et appliquées à la zone d'étude au bord de la rivière Lockwitzbach à Dresde. Un atelier, auquel les représentants des offices, des assurances, des bureaux d'ingénieurs et des établissements scientifiques ont participé, a été organisé pour effectuer une interview des experts. À partir des résultats de celle-ci, une directive sur la collecte standardisée des dommages liés à l'inondation a été élaborée, et une base de données HOWAS 21 contenant des informations sur les dommages d'inondation a été développée. Une plaquette sur la prévention contre le risque d'inondation a été mise à disposition des citoyens en collaboration avec le projet URBAS et NADINE (GFZ Potsdam, 2008).

Le rapport final contenant les résultats du projet MEDIS est attendu pour la fin 2008.

À l'aide des données de dommage collectées au moyen de dires d'experts, des fonctions de dommage sont établies et évaluées pour les enjeux suivants :

- ü Habitation ;
- ü Commerce et industrie ;
- ü Agriculture ;
- ü Transport.

Les dommages à l'habitation et au commerce et à l'industrie sont estimés par le modèle FLEMOps et FLEMOcs. Ils se basent sur les données empiriques collectées après des inondations dans certains Länder et intègrent des taux de dommage pour différentes classes. Les effets des mesures de précaution privée et de la pollution (mazout) de l'eau sur les dommages au bâtiment privé et commercial sont pris en compte par des facteurs. Ils peuvent être appliqués à l'échelle micro et méso.

Les dommages agricoles sont distingués par différents types en fonction de l'objet endommagé ou de frais générés (évacuation, nettoyage). La perte de récolte (Euro/ha) est considérée.

Pour l'estimation des dommages aux routes, une base de données est constituée contenant des données issues d'un retour d'expérience, des modèles hydrauliques et des expertises.

Les dommages indirects, qui ne sont pas estimés dans les autres études, sont distingués en fonction du temps (pendant ou après la crue), de la zone (zone inondée ou hors de la zone inondée) et de facteurs dont la prise en compte n'est pas précisée dans Thielen et al. (2008a). Les types d'enjeux recensés sont les suivants : la défense de la catastrophe, la circulation et les pertes économiques.

L'étude propose l'élaboration d'une collecte standardisée des données de dommage et leur enregistrement dans une banque de données. Un manuel de collecte des données proposant des différents critères est élaboré à la base d'un sondage des experts (Thieken et al., 2008b).

3.2.2.2.3 REISE

Ce projet de développement d'un système d'aide à la décision lié au risque est encore en cours et les premiers résultats sont attendus pour mi 2009.

L'objectif du projet REISE est de proposer un instrument d'évaluation multi-critères des coûts et des bénéfices des mesures de protection contre des crues à différentes échelles. Ce projet comporte quatre sous-projets : hydrologie, écologie, évaluation du risque, sociologie.

Ce projet envisage, en parallèle d'une évaluation économique et écologique, une évaluation psychosociale pour estimer le bénéfice et le coût des mesures. Pour l'analyse du risque écologique, un catalogue de mesures et de critères est élaboré.

3.2.3 Les approches au niveau fédéral

L'étude sur la « collecte, préparation et utilisation des informations du dommage d'inondation » de la DWA et la directive « calcul comparatif dynamique des coûts » présentent les dernières connaissances et méthodes d'estimation des dommages et de l'analyse coût bénéfice. Ces méthodes ne sont pas obligatoires pour l'évaluation de la pertinence des mesures de protection contre l'inondation, mais l'objectif est qu'elles soient de plus en plus intégrées dans la pratique des Länder.

3.2.3.1 La directive « Calcul Comparatif Dynamique des Coûts »

La directive, élaborée par le groupe de travail des Länder sur l'Eau (LAWA, 2005), présente une méthode simplifiée de l'analyse coût bénéfice pour évaluer la rentabilité économique d'un projet lié à la gestion des eaux.

La méthode du LAWA s'appuie sur l'hypothèse que les bénéfices et les effets non évaluables en terme monétaire des mesures considérées sont équivalents. Seuls les coûts des projets considérés sont comparés afin d'identifier la mesure à retenir (c'est-à-dire la moins chère).

Tout d'abord, les coûts sont déterminés et traités sous l'angle mathématique-financier. Les coûts sont identifiés, classés par type et actualisés à l'aide d'indices. Les auteurs précisent des sources d'erreurs et des recommandations pour cette étape. Une conversion des coûts est ensuite effectuée en utilisant des facteurs. Les facteurs de conversion tiennent compte du taux d'intérêt et de la période d'investissement jusqu'à la fin de la phase opérationnelle. Les facteurs permettent des modes de conversion suivants⁷:

- Ü Conversion des coûts uniques en valeurs actuelles du coût ;
- Ü Conversion des coûts uniques en séries de coûts⁷ uniformes ;

⁷ Les séries de coûts intègrent les coûts courants et les coûts uniques répartis sur une certaine période.

- Ü Conversion des coûts récurrents uniformes en valeurs actuelles des coûts ;
- Ü Conversion des coûts récurrents et croissants progressivement en valeurs actuelles des coûts.

Dans une seconde étape, les coûts sont comparés et une analyse de la sensibilité est réalisée. En fonction de la date de mise en service de l'installation, de la durée d'utilisation, des coûts courants et des coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation par rapport aux coûts d'investissement, la comparaison est effectuée par un des modes suivants :

- Ü Comparaison simple des valeurs actuelles des coûts de projet ou/et des coûts annuels ;
- Ü Comparaison des valeurs actuelles du coût de projet ;
- Ü Comparaison de l'évolution temporelle des valeurs actuelles du coût de projet.

Enfin, le résultat est présenté, interprété et évalué globalement. La présentation contient des informations sur les conditions préalables au calcul (hypothèses, structure des coûts). Le groupe de travail recommande d'intégrer les aspects intangibles (sans préciser de quelle façon) au processus de décision afin de mettre en perspective les résultats de l'approche économique. Une réflexion sur l'existence d'autres critères est également recommandée.

Cette méthode est de plus en plus utilisée dans les analyses coût bénéfice. Par exemple, l'étude de la DWA et celle de la Saxe s'appuient sur la méthode de LAWA. Le développement de la méthode a été accompagné par l'élaboration d'un logiciel qui effectue une comparaison des coûts après avoir introduit toutes les données requises.

La méthode de LAWA présente une approche détaillée de l'estimation et de la comparaison des projets au niveau des coûts. Elle est indépendante des caractéristiques d'une zone d'étude et peut être utilisée en France à condition que les coûts d'investissement et des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation, les coûts courants, la durée d'utilisation, etc. soient connus.

3.2.3.2 Manuel « informations sur les dommages causés par les crues » de DWA

Buck W. et Pflügner W. (2008) présentent une version abrégée des résultats actuels de l'Association Allemande de l'Eau, de l'Eau Usée et du Déchet (DWA, 2008) sur l'obtention et l'utilisation des informations de dommage.

Le manuel de DWA intègre des informations sur la mise à disposition et l'utilisation de données de dommage et sur les fonctions de dommage. Il donne également des recommandations pour une bonne pratique. Ils proposent les étapes suivantes :

- 1) Analyse du problème ;
- 2) Formulation des objectifs°: protection contre les crues, protection de l'environnement, etc. ;
- 3) Fixation du cadre de l'investigation (spatial, temporel) ;
- 4) Estimation du champ de décision : hydrologie, hydraulique, écologie, etc. ;
- 5) Développement des possibilités de solution ;
- 6) Détermination des effets des mesures ;

- 7) Evaluation des effets des mesures ;
- 8) Contrôle de la sensibilité ;
- 9) Comparaison des possibilités de solution ;
- 10) Documentation des résultats.

Collecte des données

Les dommages sont estimés en fonction des données topographiques et d'occupation du sol ainsi que des modélisations hydrologiques et hydrauliques.

Les grandeurs d'entrées sont collectées et documentées pour l'estimation des dommages causés par différentes hauteurs d'eau. Par exemple, le dommage d'un immeuble d'habitation peut être évalué à l'aide des grandeurs suivantes: caractéristiques de l'inondation, informations sur la construction, alerte de crue, réaction à l'inondation et efficacité des mesures d'urgence.

La DWA recommande l'élaboration d'une banque de données pour collecter les données de dommage causé par les crues passées et les données d'enquêtes « Que serait si »⁸. Ceci facilite l'analyse statistique des données et le transfert des relations de dommage à d'autres régions ayant des caractéristiques similaires.

Evaluation des dommages

Les fonctions de dommage synthétiques pour les bâtiments sont dérivées des données et des informations collectées dans le cadre des enquêtes « Que serait si ». Elles permettent l'estimation du dommage selon les différentes hauteurs d'eau par étage, les caractéristiques locales...

La DWA intègre les dommages aux bâtiments, aux biens mobiliers, aux installations et stocks des activités économiques, aux véhicules à moteur et à l'agriculture.

Evaluation des coûts

Pour l'estimation des coûts, les prix réels et un taux d'intérêt réel sont utilisés.

Analyse coût – bénéfice

La comparaison coût bénéfice des effets des mesures monétaires s'appuie sur la directive de la comparaison dynamique des coûts de LAWA (Association des Länder sur l'Eau). Elle compare la situation dans les cas « avec mesure » et « sans mesure » sur une longue période d'investigation et elle élabore des prévisions ou des scénarios de développement. Le manuel recommande d'analyser la sensibilité des résultats sans préciser de quelle façon.

3.2.3.3 Collecte, préparation et utilisation des informations du dommage d'inondation

Cette étude a été publiée en août 2008, il s'agit d'un guide méthodologique. La DWA vise à développer des directives de travail détaillées en tenant compte des prescriptions de la loi fédérale de protection contre les crues et de la directive Inondation.

⁸ Des experts visitent et analysent les lieux touchés ou les lieux pouvant être touchés pour estimer les dommages jusqu'à une certaine hauteur d'eau.

Recensement des enjeux

- Dommage aux personnes

Le dommage aux personnes est estimé à l'aide du nombre de personnes concernées par une inondation et de l'identification des groupes particulièrement vulnérables.

- Dommage matériel

La DWA recommande la prise en compte des dommages de trois secteurs principaux : « agriculture, sylviculture, pêche », « industrie manufacturière » et « services ».

Les dommages matériels sont recensés pour :

- ü Les immeubles avec fonction d'habitation (bâtiments (distingués en types), mobilier fixe, installations fixes (technique du bâtiment, par exemple le chauffage et l'éclairage), cours, jardins, bâtiments annexes, installations extérieures) ;
- ü Les immeubles sans fonction d'habitation (bâtiments, l'équipement, stock, la perte d'exploitation) ;
- ü Les entreprises agricoles (équipement, stock, perte de production) ;
- ü L'infrastructure (équipements de transport, installations et réseaux d'approvisionnement) ;
- ü L'espace libre (terrains de sport et de loisir, stations de repos et de cure etc., paysage et installations de protection contre l'inondation, infrastructure de la gestion des eaux)
- ü Les cultures agricoles et sylvicoles et le sol (champs, prairies, cultures spécialisées, forêts) ;
- ü Le bétail.

Estimation du bénéfice

Le bénéfice d'un projet de gestion du risque d'inondation est obtenu par la comparaison de l'espérance du dommage dans le cas avec et sans projet.

- Fonctions de dommage

La DWA propose l'intégration des variables suivantes : la date de l'occurrence, la durée de l'inondation, la vitesse de l'écoulement, etc. Elle recense les variables ayant un effet sur la hauteur du dommage : les caractéristiques de l'inondation, l'urbanisation et l'infrastructure, etc.

Les fonctions de dommage sont établies pour les catégories suivantes :

- ü Bâtiments (distingué en types) ;
- ü Biens mobiliers (distingué en types d'immeubles) ;
- ü Equipment ;
- ü Véhicules ;
- ü Agriculture ;
- ü Perte d'exploitation.

Estimation des coûts

Les coûts sont estimés selon la « Directive du Calcul Comparatif Dynamique des Coûts » (LAWA, 2005) en tenant compte des coûts d'investissement, des coûts courants et des coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation.

Comparaison coût - bénéfice

Les coûts sont comparés au dommage annuel évité. Il est recommandé de prendre également des aspects autres que les seuls critères monétaires et économiques en considérant, par exemple, l'écologie ou la physionomie de la commune.

Tableau 2 : Comparaison des enjeux pris en compte par les études

Etude	Enjeux	Sources des données ⁹	Type de fonctions d'endommagement
IKONE	Bâtiments Economie Equipement de l'habitat Propriété de l'état, industrie Travaux publics en sous-sol Transport Surfaces agricoles Forêts et espaces verts de sport et de loisir	ALK/ALB ATKIS Statistique économique	Coefficient d'endommagement
KRIM	Secteur manufacturier Agriculture Commerce et transport Prestations de service Etat Stock Habitation Biens mobiliers Véhicules automobiles Infrastructure	Dommage écologique : sondage ; Enjeux : statistiques	Courbe d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau
INNIG	Voir KRIM	Valeur directive du sol ; ATKIS	Coefficient d'endommagement
MEDIS	Habitation Commerce et industrie Agriculture Transport	HOWAS21	Courbe d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau
DWA	Personnes Immeubles avec et sans fonction d'habitation	Collecte ; Statistique ; sondage entreprise	Courbe d'endommagement en fonction de la hauteur

⁹ ALB/ALK et ATKIS sont établis et maintenus par les services topographiques des Länder, intégrée à un Ministère du Land, par exemple le Ministère de l'Intérieur en Saxe. Les produits sont payants.

Statistiques : Les données statistiques sont disponibles sous forme des tableaux, par exemple téléchargeables sur Internet. Elles sont gratuites et accessibles pour tout le monde.

La banque de données HOWAS21 est complètement accessible pour les fournisseurs de données, ce sont tous les institutions entrant des données de dommage d'une qualité convenable et d'un certain volume dans HOWAS21. Les usagers sans propres données de dommage y ont un accès restreint.

La valeur directive du sol est publiée sous forme des cartes ou des tableaux qui sont mis à disposition par les services topographiques ou les services d'urbanisme locales. Les données sont gratuites.

	Entreprises agricoles Infrastructure Espace libre Cultures agricoles et sylvicultures Bétail		d'eau
SAXE			Taux normalisé Taux du type d'occupation de sol

Les avantages et les inconvénients des méthodes allemandes

Aucune méthode standardisée et opérationnelle n'est disponible actuellement en Allemagne. Le travail effectué sur le Land de Bade-Wurtemberg est tout à fait intéressant, à la fois dans la construction partenariale d'un outil, mais aussi dans l'inscription de cet outil et d'une démarche dans une procédure prenant en compte la Directive Inondation. Des projets de recherche ont permis une réflexion depuis plusieurs années sur certains aspects d'un outil économique. Une adaptation de ces méthodes poserait de nouveau la question de l'accès à des données dont l'architecture en Allemagne nous semble plus accessible qu'en France.

4. Les Pays Bas

4.1. Le contexte

En 1998, un projet de recherche a été mis en place pour développer une méthode standard qui devra être utilisée pour tous les futurs projets dans le but de pouvoir les comparer. Seuls les dommages monétaires (directs et indirects) ainsi que le nombre de victimes sont considérés.

4.2. La méthode

Le but d'une méthode standard néerlandaise est de réaliser un état des lieux des dommages des inondations éventuelles pour avoir une vision globale des conséquences possibles des inondations.

La modélisation du risque d'inondation consiste théoriquement en quatre étapes:

- Déterminer les probabilités d'occurrence des crues ;
- Déterminer les caractéristiques de la crue: rapidité, vitesse du courant, moment où la hauteur d'eau sera maximale, temps d'évacuation, hauteur d'eau...
- Calcul du dommage qui correspond au temps d'évacuation, à la hauteur maximum et à la période de submersion ;
- Calcul du risque, c'est-à-dire le dommage ou le nombre de victimes multiplié par la probabilité de dommage.

La sévérité d'une crue dépend, en dehors des conditions hydrauliques, des facteurs suivants :

- Occupation du sol ;

- Elévation de certains endroits ;
- Valeur économique du territoire ;
- Densité de population ;
- Saison ;
- Température ;
- Qualité de l'eau (salée ou douce) ;
- Durée de submersion ;
- Délai d'alerte avant l'inondation ;
- Préparation des habitants et l'expérience des inondations ;
- Comportement des habitants.

Les dommages suivants sont considérés : les dommages directs et indirects sur les biens, la perte de production et la perte de salaire. Le nombre de victimes est inclus. Les dommages secondaires et induits ne sont pas pris en compte du fait du manque de connaissance de ceux-ci.

Le dommage est calculé avec la formule suivante :

$$D = \sum_{i=1}^n a_i n_i D_i$$

avec a_i le facteur de dommage de la catégorie i , dépendant de la hauteur d'eau maximale ;

n_i nombre d'unités dans une section ;

D_i dommage maximal par unité de type i ;

D dommage total des objets de type i .

Le dommage total sur un territoire correspond à la somme des dommages totaux de l'ensemble des différentes catégories. Une catégorie peut être l'agriculture, les maisons, les voitures, les infrastructures... Les unités peuvent être l'hectare, le kilomètre, le nombre d'employés... Le facteur de dommage est déduit de la fonction de dommage et diffère selon les catégories (voir l'Annexe B).

Pour calculer le nombre de victimes, le nombre total d'habitants et la rapidité de la montée des eaux sont pris en compte.

Concrètement les enjeux suivants ont été considérés et associés à des fonctions de dommages : agriculture et loisir ; stations de pompage et de relèvement des eaux de drainage des polders ; moyens de transport ; routes et chemins de fer ; gaz et canalisations d'eau ; électricité et systèmes de communication ; industries ; mobiliers ; maisons.

L'approche décrite se réfère à des régions subissant des inondations à faibles périodes de retour et un haut niveau de protection pour les digues. Avec une forte période de retour, on s'attend à un total des dommages plus faible en raison d'une sorte de préparation à l'inondation. Il est recommandé de réduire le montant des dommages de 25%.

Tableau 3 : Les Pays Bas : la méthode standard pour les digues

Les enjeux	Les données	Type de fonctions d'endommagement
Agriculture et loisir pompes, moyen de transport, route et	Hauteur d'eau	Courbe de dommage dépendant de la hauteur d'eau
	Nombre d'unités par	

chemins de fer, gaz et canalisation, électricité et système de communication, industries, fournitures, maisons	section Dommages maximums	
--	------------------------------	--

4.3. Applications

Deux projets ont été retenus : le projet DEFINITE et le projet COMCOAST. DEFINITE (Decisions on a finite set of alternatives) est un logiciel d'aide à la décision. Il s'agit d'une boîte à outil regroupant de nombreuses méthodes (ACB, multicritères, analyses graphiques). COMCOAST (COMbined functions in COASTal defence zones) est un projet européen qui développe et démontre des solutions innovantes pour la protection contre les inondations des zones littorales.

4.4. Les avantages et les inconvénients de l'expérience des Pays Bas

Cette méthode standardisée a été mise en œuvre dans le cadre d'un projet de recherche en 1998. Nous n'avons pas pu savoir si elle était concrètement appliquée aujourd'hui. Malgré cela, la méthode proposée semble accessible et adaptable en France. Il faudra tout de même se poser la question de la disponibilité des données. Une réflexion pourrait être menée, à partir de cette expérience, sur l'utilisation de tout ou parties de cette étude pour des projets à grande échelle (par exemple, à l'échelle des Plans Fleuves).

5. La Suisse

5.1. Le contexte

L'alinéa 3 de l'Article 3 de la Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau précise que « Les mesures doivent être appréciées compte tenu de celles qui sont prises dans d'autres domaines, globalement et dans leur interaction ». D'après l'alinéa 1 de l'Article 1, « Dans les limites des crédits alloués, la Confédération accorde aux cantons à capacité financière moyenne ou faible des indemnités pour les mesures de protection contre les crues ».

En 2004, l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV) se voyait pour la première fois dans la situation de ne pas disposer d'assez de moyens pour subventionner dans l'immédiat les projets approuvés. Les prévisions des services cantonaux en matière de besoins pour 2007 et pour les années suivantes dépassent les moyens actuels.

Avec une méthode standardisée, les projets sont classés en deux catégories et les moyens disponibles sont alloués en deux tranches :

- Projets de 1ère priorité: environ 3/4 des moyens (environ 28 millions d'euros par an) ;
- Projets de 2ème priorité: environ 1/4 des moyens (environ 8 millions d'euros par an).

L'analyse coût bénéfice est une partie obligatoire des projets présentés pour les demandes de subventionnement de la Confédération. L'évaluation de la réduction / diminution des risques est présentée comme un élément indispensable d'un projet de protection contre les dangers naturels.

5.2. La méthode

Les études intègrent les étapes suivantes :

1. Détermination des scénarios (incluant les probabilités d'occurrence et les caractéristiques des crues (débit, vitesse...)) :
 - Crue trentenale HQ30 ;
 - Crue centenale HQ100 ;
 - Crue tricentenale HQ300 ;
 - Évènement extrême EHQ ;
 - Crue millénaire HQ1000.
2. Évaluation des Dangers avec Modélisation (Hauteur d'eau, Vitesse, Direction) :
 - Cartes d'inondation ;
 - Cartes d'intensité de l'aléa (faibles/moyennes/fortes).
 - Plan de zonage ;
 - Plan d'occupation du sol appelé plan d'affectation ;
 - Situation actuelle ;
 - Projets d'aménagement ;
3. Examen des dommages ;
4. Comparaison des dégâts potentiels et de l'évaluation des dangers pour déterminer les risques actuels (nombre de morts, dégâts matériels, dégâts indirects, dégâts à l'environnement...) ;
5. Définition des mesures et de leurs coûts ;
6. Rapport coût-bénéfice : (Dégâts actuel –dégâts après les mesures) / coûts ;
7. Priorisation des projets.

L'OFEV met à disposition un outil de calcul qui permet :

- Une détermination simplifiée du rapport bénéfices / coûts pour des évènements avec une période de retour de 100 ans ;
- La détermination du rapport bénéfices / coûts selon une analyse de risques quantitative et la comparaison des coûts d'investissements annuels avec la réduction des risques.

L'OFEV dispose d'un logiciel « EconoMe 1.0 » (dont une nouvelle version est en cours). Cette application a été conçue pour répondre aux questions suivantes :

- Jusqu'à quel point peut-on diminuer le risque (efficacité du projet) ?
- Quel est le rapport entre la diminution du risque obtenue et les coûts occasionnés par la mesure appliquée (caractère économique ou « rentabilité » du projet) ?

Deux autres questions sont posées aux autorités communales, cantonales et fédérales :

- Quels projets faut-il soutenir ?
- Comment établir un ordre de priorité entre les projets à soutenir ?

Une série de valeurs standardisées ont été introduites pour pouvoir comparer les calculs portant sur les risques, sur l'utilité des mesures de protection et sur leurs coûts. Cette démarche ne permet pas de restituer chaque cas concret de manière exacte du fait des valeurs moyennes. Avant de fixer ces valeurs standardisées (valeurs de base), différentes recherches ont été effectuées et des projets parallèles en cours dans le cadre du plan d'action de PLANAT¹⁰ ont été consultés.

Ainsi EconoMe propose une valeur par défaut pour tous les objets, sauf les objets spéciaux, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un premier calcul très rapidement et sans grand investissement. Lorsque l'utilisateur connaît la valeur exacte applicable à un objet, il est tenu de l'utiliser sans oublier de l'étayer.

Le calcul du rapport coût-efficacité permet de prioriser les projets (voir les Annexes B) :

$$N / K = \frac{R_v}{C_j} = \frac{R_{avant} - R_{après}}{C_j}$$

Avec

N / K le rapport utilité-coût de la mesure ou de la combinaison de mesures. Lorsque le rapport N / K est = 1, elle est jugée financièrement efficace.

R_v la réduction annuelle du risque (en francs suisse par an)

C_j le coût annuel de la mesure mise en place

Les résultats sont les suivants :

- Rapport < 1, de tels projets ne sont pas reconnus comme des projets de protection ;
- Rapport entre 1 et 2, de tels projets sont de 2^{ème} priorité ;
- Rapport entre 2 et 5, les effets sociologiques et environnementaux sont pris en compte pour la priorisation ;
- Rapport > 5, ces projets sont automatiquement de 1^{ère} priorité.

Tableau 4 : La suisse : la méthode de l'Office fédéral de l'Environnement

Les enjeux	Les données	Type de fonctions d'endommagement
Dommages aux objets fixes	Nombre moyen de personnes se trouvant dans l'objet	Courbe de dommage
	Valeur de l'objet	
Dommages sur des routes	Nombre de véhicules par jour	
	Longueur du tronçon menacé	
	Occupation moyenne d'un véhicule	

¹⁰ PLANAT est une plateforme nationale « Dangers naturels » créée en 1997 par le Conseil fédéral (voir l'encadré dans les annexes).

	Nombre de passages des trains par jour	
	Longueur moyenne des trains	
	Mortalité des personnes lors d'un impact direct	
Dommage à l'agriculture, la forêt, aux espaces verts	Montant des dommages matériels à l'agriculture, pour des surfaces, dans le scénario i	

5.3. Les avantages et les inconvénients de l'expérience de la Suisse

L'outil élaboré par l'Office Fédéral de l'Environnement est un outil opérationnel utilisé régulièrement. La mise en place de valeur standardisée facilite l'accès aux données mais pose la question de l'utilisation de cet outil pour les niveaux d'échelle micro. Cette approche nous semble peu coûteuse et facilement accessible pour les maîtres d'ouvrage avec la mise en ligne du logiciel. Par contre, elle a été créée par et pour des financeurs et elle ne semble pas correspondre à une démarche. L'appropriation d'une telle approche (et même au-delà de l'outil, la connaissance des enjeux du territoire) par les maîtres d'ouvrage reste à discuter. L'application en France serait, dans un premier temps, compliqué au vu de certaines données nécessaires (exemple : létalité des personnes), mais l'idée des valeurs standards pourrait être reprise pour l'analyse de la pertinence des projets meso ou macro.

6. La Belgique

6.1. Le contexte

Il n'existe pas en Belgique de méthode standard d'approche économique pour évaluer la pertinence des mesures de prévention des inondations.

L'état belge a décidé de financer en partie un projet pour mettre en place une méthode permettant de choisir les mesures d'adaptation en vue du changement climatique. Ce projet, ADAPT, a débuté en 2006 et se terminera en 2010. Les deux premières années seront consacrées à l'état des lieux du changement climatique en Belgique. Les deux dernières années se focaliseront sur les mesures d'adaptation.

Des premières approches méthodologiques et/ou résultats sont disponibles sur le site Internet du projet (<http://dev.ulb.ac.be/ceese/ADAPT/home.php>), nous allons exposer dans les sections suivantes la partie économique du projet.

6.2. La méthode économique du Projet ADAPT

L'objectif du projet ADAPT est de développer et de démontrer un outil de gestion efficace, une analyse coût bénéfice. Le projet consiste à développer une méthodologie commune basée sur la connaissance existante du changement climatique et sur des faits tels que, son intensité et sa probable progression dans le temps.

L'objet est de répondre à la question de l'allocation des ressources en utilisant un outil d'aide à la décision : l'analyse coût bénéfice et/ou l'analyse multi-critères.

Des scénarios d'adaptation seront identifiés sur deux bassins versants en fonction du risque d'inondation attendu et après une étude sur les causes des problèmes d'inondation. Chacun de ces scénarios doit être évalué en terme de coûts et de bénéfices. Seuls ceux qui sont attendus pour améliorer le bien être des acteurs seront mis en place.

Les bénéfices vont correspondre aux dommages évités. Pour tout scénario d'adaptation proposé, les systèmes économiques, sociaux et écologiques seront moins exposés au risque d'inondation. Les coûts de réalisation de ces scénarios sont, en premier lieu, des coûts financiers. Tous les coûts doivent être identifiés et pris en compte.

L'évaluation économique des impacts se fait en quatre étapes :

- Inventaire des enjeux en zone inondable (infrastructure, importantes activités socio-économiques) ;
- Détermination des différentes catégories de dommage à inclure dans l'analyse économique ;
- Développement des fonctions de coût pour les différentes catégories de dommage ;
- Evaluation en terme monétaire des impacts identifiés.

Deux méthodes sont utilisées pour l'évaluation économique des impacts :

- La méthode des prix des marchés : cette technique est basée sur les pertes de prix liées aux prix des marchés ;
- La méthode des prix hédonistes : cette approche révèle quelle variation de prix peut être liée à une variation de la qualité de l'environnement.

Evaluation des dommages

Cinq étapes sont identifiées :

- L'état des lieux des dommages : l'objet de cette étape est de rassembler un maximum d'informations des différents acteurs sur les biens publics et privés endommagés par la crue. En Belgique, une base de données « Disaster funds » donne déjà beaucoup de données. Par contre, ces données ne sont pas individuelles mais agrégées par rue pour l'ensemble de la commune pour des raisons de confidentialité. En parallèle, une base de données doit être mise en place pour les biens caractéristiques de la commune concernée. Cette base permettra d'affiner les fonctions de dommage et de comparer les résultats avec la base « Disaster funds ». Le Service Public Fédéral des Finances fournit le cadastre pour l'ensemble de la commune, incluant le cadastre des salaires pour chaque entité, la nature cadastrale ainsi que l'année de construction de chaque bâtiment. Cette base de données sera géoréférencée.
- Traitement des données : chaque dommage est caractérisé par la ville où il s'est produit, grâce à l'utilisation des cartes et plans de la zones d'étude et grâce aux informations fournies par les autorités locales. Ce traitement nécessite d'obtenir l'agrégation précise des dommages. La table « Disaster funds » sera utilisée.
- Analyse statistique : calcul de la moyennes, écart-type, variante, médiane..., tri des données selon différents critères.

- Analyse spatiale : il est important de savoir où les dommages se sont produits et d'obtenir une répartition spatiale de ceux-ci, même si cette analyse ne sera pas utilisée dans l'analyse coût-bénéfice.
- Fonction de dommage : la méthodologie pour valider les fonctions de dommages se fait en trois étapes : une revue de la littérature ; l'application d'un certain nombre de fonctions de dommage basées sur les modèles hydrodynamiques des derniers évènements de crue ; la comparaison des dommages estimés avec les données de la base « Disaster Fund ».

6.3. Les avantages et les inconvénients de l'expérience de la Belgique

L'expérience belge a été analysée au travers du projet ADAPT, seule approche, à notre connaissance, intégrant une analyse économique. Ce projet est en cours et ne nous permet pas de bien connaître l'outil qui sera élaboré. Il sera intéressant de bien comprendre cet outil et les choix effectués pour sa mise en œuvre. Pour l'instant, rien n'indique que cet outil fera partie d'une démarche.

Les pratiques européennes : les premiers enseignements

Plusieurs premiers constats sont révélés par l'étude de ces pratiques européennes. Nous en avons identifié six, que nous allons expliciter.

Premier constat : des expériences débutées il y a de nombreuses années.

Le premier manuel du FHRC a été rédigé en 1977. La méthode standard établie aux Pays Bas a été engagée dans les années 90. Enfin la méthode Suisse a été mise en place en 2004 grâce à un acquis méthodologique et opérationnel de plusieurs années du service en charge de celle-ci.

Ces trois approches ont donc nécessité des années de travail pour l'élaboration, les tests, les améliorations... des méthodes proposées.

La mise en place d'une méthode française pourra se baser sur certaines approches déjà élaborées, testées sur un territoire et reprises parfois pour d'autres secteurs géographiques (l'étude de la Seine de 1998, de la Loire de 1999, du Rhône de 2003, de l'Entente Oise Aisne de 2006 et de l'Orb de 2007). Ces études sont toutefois très hétérogènes, chacune ayant été construite en ne s'inspirant que très peu des autres. Les expériences européennes montrent donc que l'élaboration d'une méthode commune et partagée française nécessitera du temps pour proposer un cadre (ou des recommandations) qu'il faudra tester et affiner au fil des applications.

Deuxième constat : des approches obligatoires.

Les méthodes du Royaume Uni, des Pays Bas et de la Suisse répondent à une obligation réglementaire de l'utilisation d'une analyse coût bénéfice pour justifier la pertinence des travaux proposés et pour obtenir des subventions et des aides financières. L'obligation réglementaire influence le choix du contenu, son adaptation à différentes situations et le travail de sensibilisation à réaliser auprès des acteurs concernés. Elle a, par conséquence, motivé de nombreux travaux dans chacun de ces pays, permettant une avancée méthodologique importante.

D'après le compte rendu de la réunion du 24 juin 2008 du groupe de travail « ACB Inondation », « Régis Morvan (D4E) et Frédérique Martini (DE) rappellent que le GT ACB inondations, au-delà de la première phase des travaux qui a notamment consisté à la production d'un manuel des pratiques existantes en matière d'évaluation socio-économique de gestion du risque d'inondations pour la France, aura pour objectif à moyen terme la construction d'un, voire plusieurs outils standardisés d'analyses socio-économiques dans la perspective de rendre obligatoire le recours à un outil pour l'affectation notamment des co-financements de l'Etat et des collectivités locales. ».

Ainsi cette dimension réglementaire devra être intégrée dans la construction de l'outil économique. Elle demandera surtout un réel investissement dans la mise en œuvre d'un processus de décision autour de cet outil et de la compréhension des différents acteurs du rôle de cet outil dans ce même processus.

Troisième constat : des méthodes opérationnelles ?

La méthode Suisse est une méthode utilisée dans la prise de décision des financements de projets par l'Office Fédéral de l'Environnement. Elle a été construite à des fins opérationnelles.

La méthode du FHRC est une méthode complète, complexe, proposant de nombreuses informations. Mais cette méthode ne peut pas être toujours appliquée dans le processus de décision car elle nécessite beaucoup de données et une réelle connaissance du territoire étudié.

La méthode du Pays Bas a été mise en œuvre pour répondre la pertinence de la construction de digue. Il s'agit d'une méthode standard, facile à utiliser et nécessitant peu de données.

L'objectif de la méthode française est que celle-ci puisse être utilisée par les décideurs, les praticiens, les financeurs, les maîtres d'ouvrage... Elle nécessite donc au préalable une analyse des besoins de ces différents partenaires¹¹. La méthode devra alors répondre à ces attentes en proposant plusieurs outils en fonction des différents cas de figure identifiés. Au-delà de la création de l'outil, il est indispensable de créer une culture commune, pour que chacun intègre un processus de décision partagé pour utiliser les outils standardisés de façon coordonnée et pour partager les mêmes objectifs dans la gestion de prévention des inondations.

Quatrième constat : des enjeux plutôt similaires.

Les méthodes étudiées considèrent globalement des enjeux très proches même si, bien entendu, des différences subsistent.

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

Tableau 5 : Les enjeux considérés par les méthodes retenues.

Enjeu	FHRC	Allemagne	Pays Bas	Suisse
Bâti	Oui	Oui	Oui	Oui
Entreprises	Oui	Oui	Oui	
Transports (routes, voies ferrées)	Oui	Oui	Oui	Oui
Agriculture	Oui	Oui	Oui (et loisirs)	Oui
Service public	Oui	Oui		Oui
Réseau gaz			Oui	Oui
Réseau eau			Oui	Oui
Service d'urgence	Oui			
Système de communication et électricité			Oui	Oui (ligne haute tension)
Remontées mécaniques				Oui

Les dommages associés à ces enjeux sont pour la plupart directs. Seule la méthode du FHRC inclut les dommages indirects.

Ces mêmes enjeux sont déjà, dans la plupart des cas, étudiés par les méthodes françaises déjà recensées.

Cinquième constat : des niveaux de précision très différents (données, fonction de dommage, valeur standard).

¹¹ Le CEPRI mène depuis Juillet 2008 une enquête auprès de différents partenaires pour révéler les besoins de chacun. Un rapport donnant les conclusions de cette étude sera disponible dès fin 2008 sur le site du CEPRI (www.cepri.net).

Le FHRC propose des valeurs standard de dommage en fonction de nombreux critères. Par exemple, pour le bâti, le guide propose une estimation des dommages en fonction de la durée de l'inondation, du type de logement, des caractéristiques de l'habitation, des effets personnels des ménages, de la hauteur d'eau, de la classe sociale, de l'année de construction. Ces informations nécessitent une vraie connaissance du territoire étudié.

La méthode des Pays Bas propose d'appliquer des fonctions de dommage. Seuls le nombre d'unité et la hauteur d'eau sont nécessaires. Ces données nécessaires sont donc plus facilement disponibles.

La méthode Suisse propose des valeurs standard pour de nombreux niveaux de dommage. Elle demande également de connaître des facteurs tels que le facteur de protection et de vulnérabilité d'un objet, la mortalité pour les personnes lors d'un impact direct. Ces données ne sont pas facilement disponibles en France.

La mise en œuvre d'une méthode standardisée française devra forcément prendre en compte l'accessibilité et la disponibilité des données. Il faudra alors soit adapter la méthodes à ces disponibilités, soit engager un processus de création et/ou de récolte de données pour aboutir à une méthodologie commune et partagée par les parties prenantes.

Sixième constat : utilisation de logiciel comme outil d'aide à la décision

Les méthodes étudiées ont été associées à un logiciel pour aider à leur mise en place.

Au Royaume Uni, la version v3.3.0 du logiciel MSDF a été mise en œuvre en 2005 et aide à l'élaboration des plans de gestion des bassins versants. Il utilise et intègre la méthode du FHRC.

De la même façon, le projet DEFINITE a pour objectif de créer un logiciel regroupant plusieurs méthodes économiques. Ce logiciel n'est donc pas directement lié à la méthode standard des Pays Bas.

Par contre, en Suisse, le logiciel Economé fait partie intégrante de l'utilisation pratique de la méthode. Il s'agit d'un outil opérationnel utilisé à chaque application de l'approche économique.

Ces quelques exemples révèlent le rôle d'un outil informatique pour accompagner une méthode d'évaluation de la pertinence. Il pourrait être envisagé de suivre l'exemple de la Suisse et de proposer un logiciel comme outil d'application de la méthode retenue en France.

Conclusion : Ces approches européennes sont-elles transposables en France ?

La méthode de chacune des démarches peut théoriquement être transposable. Plusieurs questions doivent tout de même être débattues.

Les données nécessaires sont-elles disponibles ?

Comment adapter les valeurs standard ?

Comment transposer les fonctions de dommage ?

Quels enjeux devons-nous également prendre en compte du fait de la spécificité du système français ? Quels enjeux pouvons-nous écarter ?

Ces questions sont actuellement posées au sein du CEPRI et devront être discutées par des experts français et européens. Ces questions et les éventuelles premières pistes de réflexion

seront présentées au fur et à mesure des réflexions du groupe d'experts constitué par le MEEDDAT et du groupe d'utilisateurs géré par le CEPRI. Le site Internet du CEPRI présentera les avancées de ces deux groupes.

Conclusion

Après avoir examiné les pratiques françaises existantes en matière d'approche économique, le CEPRI a choisi d'étudier des pratiques européennes. En effet, certains de nos voisins européens ont déjà plusieurs années d'expérience en la matière et peuvent nous apporter des informations et des pistes de réflexion intéressantes quant à la mise en place d'un cadre commun et partagé d'analyse de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation.

Quatre pays ont retenu notre attention : le Royaume Uni avec la méthode du Flood Hasard Research Center, les Pays Bas avec la méthode standard des digues, la Suisse avec la méthode Econome et enfin la Belgique avec le projet ADADPT.

Chacun des outils économiques utilisés a été décrit. La méthode principale ainsi que des applications ont été présentées. De ces analyses, plusieurs constats peuvent être avancés :

- Ces approches ont été engagées depuis de nombreuses années. En France, un cadre commun n'a pas encore été établi mais on peut avancer que celui-ci reposera très certainement sur des approches françaises ayant servi de base à plusieurs autres études. Il nécessitera toutefois plusieurs années de tests et d'amélioration avant d'aboutir à l'élaboration d'une méthode dite standard.
- Ces approches européennes s'insèrent dans un cadre réglementaire obligatoire (sauf pour la Belgique).
- Ces approches sont plus ou moins opérationnelles. La méthode suisse a vocation à être applicable pour tout projet demandant des fonds à l'Office Fédéral de l'Environnement alors que la méthode du FHRC propose une méthode nécessitant des données qui ne sont pas toujours disponibles.
- Les enjeux retenus sont assez proches. Les méthodes traitent principalement du bâti, des entreprises, des activités agricoles, des services publics, des réseaux... Cette sélection d'enjeux est très proche de celle des études françaises existantes.
- Les niveaux de précision des différentes méthodes sont assez différents nécessitant plus ou moins de données. Ce nombre de données disponibles sera un des éléments clés dans l'élaboration du cadre commun et partagé.
- Les méthodes étudiées s'accompagnent d'un logiciel d'application. Il sera intéressant de réfléchir à cette opportunité lors de la mise en œuvre de la méthode française.

L'analyse de ces approches européennes nous permet d'identifier des méthodologies transférables en France. Malgré tout, cela nécessitera un travail très conséquent d'adaptation, de choix, de recherche ou de création de données, d'avancées méthodologiques... Ces approches européennes, comme les approches françaises, sont réellement des bases prometteuses pour l'élaboration d'une méthode française qui pourra prendre la forme de plusieurs outils en fonction du niveau d'échelle, de valeurs standard...

Bibliographie

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

BauGB (Baugesetzbuch) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. August 1997 (zuletzt geänd. durch G v 23.7.2002, BGBl. I S. 2850)

BERGER, M., 2001: Methoden der Schadenspotenzialanalyse in überflutungsgefährdeten Küstenregionen unter besonderer Berücksichtigung eines mesoskaligen Ansatzes Unveröffentlichte Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Hannover, Abteilung Wirtschaftsgeographie

BRENCHER J., ELSNER A., SPEKKER H. MATHEJA A., ZIMMERMANN C., 2007, Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft (INNIG), Teilprojekt 1: Risikoanalyse und -steuerung, Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.

BRUIJN K. et DEN HEIJER F., 2008, Flood damage modelling in the Netherlands Preliminary report Status Quo, Trend and event analysis, IRC-project

BUCK W., PFLÜGNER W., 2008, DWA-Arbeitshilfe « Hochwasserschadensinformationen. Grundlage für qualitätsgesicherte Planungen im Hochwasserschutz, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 1(9).

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

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

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

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

DVWK, 1995, Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzwirkungen, DVWK-Mitteilungen, Heft 10, Bonn.

DWA (ed.), 2008, Arbeitshilfe Hochwasserschadensinformationen, Themenband, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

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

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

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

ELSNER W., OTTE C., YU I., 2005, Klimawandel und regionale Wirtschaft. Vermögensschäden und Einkommensverluste durch extreme Klimaereignisse sowie Kosten-Nutzen-Analysen von Schutzmaßnahmen. – Am Beispiel der nordwestdeutschen Küstenregion -, Brême.

European Communities, 2008, NACE Rev. 2 – Statistical classification of economic activities in the European Community, eurostat Methodologies and Working papers, Luxembourg.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-RA-07-015/EN/KS-RA-07-015-EN.PDF

GOODMAN S.L., SEABROOK W., JAFFRY S.A., 1998, Considering Conservation Value in Economic Appraisal of Coastal Resources, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 41, N°3, p.313-336.

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

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

IKSR 2001: l'Atlas du Rhin

KIESE, M., LEINEWEBER, B., 2000: Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion, Hannover.

KLAUS J., SCHMIDTKE R.F., 1990, Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste. Modellgebiet Wesermarsch, Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2005, Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 7^{ème} édition, Kulturbuchverlag Berlin

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1981, Grundzüge der Kosten-Nutzen-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, Brême

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

MAI S., ELSNER A., MEYER V., ZIMMERMANN C., 2004, Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM), Teilprojekt 2 – Klimaänderung und Küstenschutz, Hannover.

MANIAK U., 2001, Wasserwirtschaft. Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben, Berlin.

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

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

Ministère de l'environnement et de l'agriculture de la Saxe, 2007, Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes und des präventiven Hochwasserschutzes vom 31. Juli 2007, http://www.landwirtschaft.sachsen.de/foerderung/download/RL_GH_25_07_2007_Unterschrift_SM.pdf.

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (ed.), 2000, Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW. Düsseldorf.

PEARCE D., ATKINSON G., MOURATO S., 2006, Analyses coûts-bénéfices et environnement – Développements récents, Edition OCDE

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

REESE S., MARKAU H.-J., STERR H., 2001: Wertermittlung hochwassergefährdeter Gebiete in den Gemeinden Scharbeutz und Timmendorfer Strand. Büsum. Publié en ligne: www.uni-kiel.de/ftzwest/ag4/Timdorf/timcov.html le 20.08.01

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

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

RUIZ RODRIGUEZ et ZEISLER, 2003, IKoNE - Integrierende Konzeption Neckar-Einzugsgebiet, Grundlage zur flächenhaften Ermittlung von Hochwasserschadenpotentialen,

SCHWARZ J., MAIWALD H., 2008, Damage and Loss Prediction Model Based on the Vulnerability of Building Types, 4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability, Toronto, Ontario, Canada.

SIMON, J., KLEIBER, W., 1996: Schätzung und Ermittlung von Grundstückswerten,

SOCHER M., SIEBER H.-U., MÜLLER G. et WUNDRAK, P., 2006, Verfahren zur landesweiten Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Sachsen, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 50(3).

THIEKEN A., ACKERMANN V., ELMER F., KREIBICH H., KUHLMANN B., KUNERT U., MAIWALD H., MERZ B., MÜLLER M., PRIOTH K., SCHWARZ J., SCHWARZE R., SEIFERT I., SEIFERT J., 2008a, Methods for the Evaluation of Direct and Indirect Flood Losses, 4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability, Toronto, Ontario, Canada.

THIEKEN A.H., ACKERMANN V., ELMER F., KREIBICH H., KUNERT U., MÜLLER M., SCHWARZE R. SEIFERT I., SEIFERT J.O., 2008b, Erfassung von Hochwasserschäden – Leitfaden für ein standardisiertes Vorgehen, Internal Report (non publié).

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

Annexes

A. Les approches économiques

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

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

1. L'analyse coût-bénéfice (ACB)

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

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

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

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

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

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

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

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

- Etape 3 : Croisement de l'aléa et des enjeux puis des zones d'expansion de crues et élaboration des courbes de dommage ;
- Etape 4 : Représentation des résultats avec :

- o Le calcul du dommage moyen annuel (DMA) : $DMA = \int_{T_d}^{\infty} C(T) p(T) dT$

(avec $C(T)$ le coût pour l'événement de retour T et T_d la période de retour de l'événement débordant, c'est-à-dire de la plus faible crue qui crée des dommages.

- o Calcul du coût des dommages par type de crue ;
 - o Les dommages évités moyens annuels (DEMA), c'est-à-dire les bénéfices, qui sont alors la différence entre le DMA avant projet et le DMA après projet.

Les limites d'une telle approche sont les suivantes :

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

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

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

2. L'analyse coût efficacité (ACE)

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

Ainsi une ACE a plutôt une perspective ciblée des activités ou des résultats d'un programme alors qu'une ACB a une perspective générale (ensemble de la société). L'ACE peut être jugée plus simple sur le plan conceptuel et opérationnel, mais elle nécessite tout de même de définir et de partager l'objectif efficace.

3. L'analyse multi-critères (AMC)

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

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

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

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

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

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

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

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

4. Les méthodes d'évaluation contingente et prix hédoniques

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

4.1. La méthode d'évaluation contingente

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. La méthode des prix hédonistes

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

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

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

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

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

B. Les pratiques européennes

4. Les recommandations de l'OCDE¹²

L'OCDE prodigue depuis de nombreuses années des recommandations en matière d'évaluation sociale des projets (investissements) et politiques. À la fin des années 60 et au cours des années 70, elle a joué un rôle important dans la mise au point de l'analyse des coûts et des bénéfices sociaux.

Les recommandations officielles détaillées sur la façon de mener une ACB sont bien plus rares et tendent à se cantonner aux pays où cet instrument fait partie intégrante de « l'analyse d'impact des réglementations » (AIR), (parfois également appelée « évaluation de l'impact des réglementations »). L'OCDE a publié ses propres lignes directrices sur l'AIR (OCDE, 1997) et tient par ailleurs à jour un inventaire des procédures d'AIR (OCDE, 2004). Dans cet inventaire, elle affirme que l'ACB est la forme la « plus souhaitable » d'AIR mais observe qu'elle n'est pas utilisée dans de nombreux pays en raison des difficultés qu'il y a à attacher des valeurs monétaires à un vaste éventail de coûts et de bénéfices.

Les auteurs avancent des arguments favorables à l'utilisation de l'ACB :

- L'ACB constitue un modèle de rationalité ;
- L'ACB exige clairement que toute politique ou tout projet soient considérés comme une option parmi d'autres ;
- L'ACB impose au décideur d'inclure parmi les possibilités envisageables celle d'une variation de l'échelle de mise en œuvre de la politique ou du projet considérés ;
- Une ACB correctement menée doit faire apparaître quels sont les coûts et les bénéfices pour les différents groupes sociaux gagnants ou perdants ;
- L'ACB affirme expressément que la dimension temporelle doit être prise en compte de façon rigoureuse ;
- L'ACB affirme expressément que ce sont les préférences individuelles qui comptent. Elle est donc « démocratique » à cet égard ;
- L'ACB est à la recherche de préférences explicites et non implicites. C'est pourquoi elle s'efforce de déterminer ce que veulent les individus soit par l'observation directe du marché réel ou de marchés fictifs soit par celle, indirecte, de la manière dont les préférences affectent un marché complémentaire.

La procédure à suivre est résumée de la façon suivante (Pearce, 2006) :

- Déterminer la situation : éviter si possible de n'envisager qu'une seule option, car il peut en exister d'autres offrant des bénéfices nets plus élevés.
- Examiner la question de l'échelle de mise en œuvre : proposer la même politique mais à une échelle différente revient à proposer une autre option que celle initialement envisagée.

¹² Cette section est principalement tirée du document de PEARCE D., ATKINSON G., MOURATO S., 2006, Analyses coûts-bénéfices et environnement – Développements récents, Edition OCDE

- Établir quelles sont les différentes options envisageables et jusqu'à quel point elles s'excluent mutuellement.
- Face à des options s'excluant mutuellement dont les coûts sont identiques, choisir celle qui offre les bénéfices nets les plus élevés.
- Si par contre les diverses options ont des coûts différents, « normaliser » les politiques en comparant chacune d'elles à celle dont les coûts sont les plus élevés, en tenant compte des bénéfices tirés de l'utilisation des sommes « économisées » grâce à l'adoption des politiques moins coûteuses.
- Refuser qu'une date unique soit proposée pour le démarrage d'une politique. Considérer le report de la date de démarrage comme une autre option envisageable et chercher à maximiser les bénéfices sociaux nets. En d'autres termes, prendre en considération les coûts et les bénéfices d'un report.
- Lorsque l'on dispose d'un certain budget et que plusieurs politiques pourraient être simultanément mises en oeuvre, classer celles-ci selon leurs ratios bénéfices - coûts. Procéder par ordre décroissant jusqu'à ce que le budget soit épuisé.

L'ACB part du principe que tous les gains ou pertes enregistrés par quelqu'un possédant le statut requis doivent être pris en considération. Le problème du « statut » consiste à déterminer quels sont ceux dont les bénéfices et les coûts doivent être pris en considération. Les divers impacts doivent également être mesurés pour chacune des années en question. Il s'agit alors de savoir jusqu'à quel point il convient d'estimer ces impacts. Il n'existe aucune règle absolue. Dans les premiers temps, lorsque l'ACB se limitait à évaluer l'intérêt des projets d'investissement, l'horizon temporel, c'est-à-dire le point au-delà duquel les coûts et les bénéfices ne sont plus estimés, était déterminé en fonction de la durée de vie matérielle ou économique de l'investissement. Dans le cas des infrastructures routières, portuaires, hydrauliques, etc., il était généralement fixé à au moins 30 ans et au plus 50 ans. Cette règle s'appliquait même aux actifs dont la durée de vie était plus longue, tels que les ensembles immobiliers, dont la durée de vie peut dépasser 100 ans.

La valeur actuelle nette ou les bénéfices nets constituent le critère qu'il convient d'appliquer pour exprimer les bénéfices et les coûts en une valeur synthétique unique. La règle de décision appropriée consiste à adopter tout projet présentant une valeur actualisée nette (VAN) positive et à classer les projets en fonction de leur VAN. Toutefois, en cas de contraintes budgétaires, les critères sont plus complexes. Si ces contraintes – telles que le manque de capitaux – ne s'exercent que sur une seule période, il est possible d'avoir recours aux ratios bénéfices-coûts pour classer les projets. De l'avis général, le taux de rentabilité interne (TRI) ne devrait pas être utilisé pour classer et sélectionner les projets s'excluant mutuellement.

Il n'est guère judicieux de supposer que l'estimation des coûts soit plus sûre que celle des bénéfices du seul fait qu'ils peuvent prendre la forme de dépenses d'équipement et d'infrastructure. L'expérience nous enseigne que, tout comme ceux des grands projets, les coûts de mise en conformité avec les réglementations peuvent être nettement surestimés ou sous-estimés.

5. Le Royaume Uni

5.1. Le contexte

Depuis les années 70, l'Angleterre et le Pays de Galle s'attachent à évaluer le risque lié aux inondations ainsi que les dommages à différents niveaux d'échelle (Meyer et al., 2005). Dès les années 70, les évaluations économiques des projets ont été rendues obligatoires pour obtenir des subventions du gouvernement central pour la construction d'un ouvrage de protection.

Le premier objectif de l'évaluation des dommages pour le DEFRA et l'Environmental Agency est d'identifier le projet de protection contre les inondations le plus efficace pour obtenir des aides financières. L'efficacité économique est mesurée par le biais d'un ratio coût bénéfice. D'après [Penning-Rowsell](#) (2005), en 2004-2005, la politique de gestion des inondations et des risques du DEFRA a été révisée. Les priorités affichées sont maintenant :

- Gérer le risque en employant des méthodes et des approches qui reflètent les priorités nationales et locales :
 - o Réduire la menace sur la population et leur propriété ;
 - o Obtenir le plus important bénéfice environnemental, social et économique en cohérence avec les principes de développement durable du gouvernement ;
- Sécuriser.

Le système de hiérarchisation du DEFRA considère également deux autres critères : la population touchée ainsi que la zone d'habitat protégée. Mais l'évaluation des bénéfices issue de l'évaluation des dommages reste le critère le plus important.

Un système hiérarchique des risques et des dommages est également développé depuis plusieurs années en tant qu'outil d'aide à la décision pour différentes échelles spatiales. Au niveau national, les plans NAAR¹³, NaFRA¹⁴ et FORESIGHT¹⁵ sont utilisés pour fournir des informations sur le risque. Les plans CFMP¹⁶ et SMP¹⁷ se situent au niveau du bassin versant et jouent un rôle dans la hiérarchisation des territoires. Au niveau local, différentes options sont comparées lors d'études de faisabilité pour identifier la meilleure option de défense contre les inondations.

¹³ Le "National Appraisal of Assets at Risk" est mis en oeuvre pour l'Angleterre et le Pays de Galle. Ce système a été amélioré par la méthode RASP (voir la note de pas de page suivante).

¹⁴ Le « National Flood Risk Assessment » a été mis en place par le DEFRA en 2002. Ce programme couvre l'ensemble de l'Angleterre et du Pays de Galle. Il a débuté en 2004 et a utilisé la méthode "Risk Assessment for Strategic Planning" (RASP). RASP est une méthode pour l'état des lieux du risque d'inondation qui utilise une approche basée sur le risque en intégrant la localisation, le type, les conditions et les effets des moyens de défense contre les inondations. Cette méthode se base sur le calcul de la probabilité d'occurrence sur un territoire.

¹⁵ Ce programme a été lancé dans les années 90 par le gouvernement du Royaume Uni pour identifier les opportunités potentielles pour l'économie ou la société pour les nouvelles sciences et technologies ou pour déterminer comment ces nouvelles technologies peuvent amener de nouvelles avancées pour la société. Une des premières réflexions a été focalisée sur les possibilités des nouvelles technologies dans la prévention des inondations.

¹⁶ Catchment Flood Management Plans : plan de gestion des inondations sur les différents bassins versants.

¹⁷ Shoreline Management Plans : plan de gestion du littoral.

5.2. La méthode

Les fonctions de dommage proposées par le Flood Hazard Research Center (guide Multi-coloured) représentent la base des études d'évaluation des dommages à tous les niveaux d'échelle ([Meyer et Messner](#), 2005). Pour les projets à petite échelle, une base de données détaillée est nécessaire. Pour les niveaux d'échelle meso ou macro, des fonctions plus agrégées sont utilisées.

Le guide Multi-coloured (« Blue Manual » en 1977, « Red Manual » en 1987 et « Yellow Manual » en 1992 et une dernière version du guide en 2003) donne des recommandations, entre autres, sur l'évaluation des dommages sur le bâti, les biens non résidentiels, les services publics, les routes, les voies ferrées, les services d'urgence et l'agriculture.

Concernant l'occupation du sol, les catégories suivantes sont prises en compte :

- Propriétés résidentielles (considérant pour chacun des points suivants sept sous-catégories en fonction de l'année de construction d'avant 1919 à après 1985¹⁸) :
 - o Détachées ;
 - o Non détachées ;
 - o Les terrasses ;
 - o Les bungalows ;
 - o Les appartements ;
- Propriétés non résidentielles :
 - o Magasin (kiosque, hypermarché...) ;
 - o Services de voiture (garage, agence location...) ;
 - o Commerces de détail (restaurant, café, coiffeur...) ;
 - o Bureaux (banque...) ;
 - o Distribution/Logistique (entrepôt, transport routier...) ;
 - o Loisir (théâtre, cinéma, caravane, hôtel...) ;
 - o Sport (terrain de football, de golf, piscine...) ;
 - o Etablissement public (hôpital, école, musée, police...) ;
 - o Industrie ;
 - o Divers (parking, station du bus, cimetière...).

Des courbes de dommage sont établies pour la majorité des sous-catégories citées ci-dessus.

Dommage sur le bâti

- Dommages directs tangibles : construction (bâtiment), biens du ménage, coût de nettoyage ;
- Dommages intangibles : inquiétude pour les inondations futures, perte d'objets personnels irremplaçables, dommage sur la santé physique et/ou mentale, décès, blessure, perte de communauté, perte de confiance envers les autorités et les services ;
- Dommages indirects : évacuation permanente et/ou temporaire de la zone inondée, trouble du système d'annonce et d'alarmes des inondations, perte de service utile, perte de salaire, perte de loisirs, coût de communication

¹⁸ Des plans et des photos sont proposés pour illustrer les différentes maisons ou appartements en fonction de l'année de construction.

- additionnelle, perte de services publics, augmentation des coûts de transport, augmentation des coûts de shopping et de loisirs ;
- Dommages indirects pour la populations non inondées : augmentation des coûts de transport, perte de salaire, perte de services publics, perte d'autres services, perte de loisirs, augmentation des coûts de shopping et de loisirs

Le guide propose une estimation des dommages en fonction :

- de la durée de l'inondation (plus ou moins 12 jours) ;
- du type de logement : dix catégories (bungalow, appartement, secteur résidentiel, terrasse...) ;
- des caractéristiques de l'habitation : 8 catégories (jardin, étage, présence de bois...) ;
- des effets personnels des ménages : 8 catégories (équipement audio/vidéo, chauffage, revêtement du sol...) ;
- de la hauteur d'eau : 15 catégories de -0,30 à 3 mètres ;
- de la classe sociale : 5 catégories (classe moyenne et moyenne +, classe moyenne -, classe ouvrière qualifiée, classe ouvrière) ;
- de l'année de construction : 6 catégories (1919, 1919-1944, 1945-1964, 1965-1974, 1975-1985, après 1985).

Le guide recommande d'utiliser le dommage moyen annuel pondéré.

Une analyse de la vulnérabilité est également proposée avec la mise en place d'un index : celui de vulnérabilité sociale qui est composé des variables suivantes :

- Proportion des résidents de plus de 75 ans ;
- Famille monoparentale ;
- Résidents souffrant d'une longue maladie ;
- Critères financiers :
 - o Chômage (proportion des chômeurs de plus de 16 ans) ;
 - o Surpeuplement (proportion des ménages avec plus d'une personne par chambre) ;
 - o Ménage sans voiture ;
 - o Ménage non propriétaire ;
- Nombre de résidents en zone inondable ;
- Proportion de ménages dans chaque classe sociale ;
- Hauteur d'eau estimée ;
- Plan d'alerte ;
- Localisation des résidences proches des moyens de défense.

Dommages sur les biens non résidentiels

Les secteurs suivants sont concernés :

- Activités commerciales ;
- Bureau ;
- Distribution/Logistique ;
- Loisir/Sport ;
- Bâtiment public ;
- Industrie ;
- Divers.

Ces secteurs sont divisés en 10 catégories et 66 sous-catégories.

Certains éléments clés ont été identifiés et doivent être considérés :

- Hauteur d'eau ;
- Type de propriété (équipement, structures, stock, matériel...) ;
- Taille des locaux ;
- Type de structures du bâtiment ;
- Etage et dispositif de stockage ;
- Positionnement des services, structures... ;
- Temps d'inondation ;
- Cycle de remise à neuf ;
- Haute versus basse technologie ;
- Structures permanentes et temporaires.

Un scénario de base avec une période d'inondation de moins de 12 heures est supposé, avec des valeurs de dommage qui incluent les coûts de nettoyage.

Trente-quatre types de structures non résidentielles sont considérées (du salon de coiffure, au théâtre en passant par un laboratoire, une station service, une caravane ou un jardin).

Cinq catégories de dommage ont été identifiées :

- Bâtiments et structures ;
- Services ;
- Installations et équipements ;
- Equipements mobiliers ;
- Stocks.

Pour la plupart des propriétés non résidentielles, l'auteur suppose que la durée d'inondation n'augmente pas de façon significative les dommages directs. Cependant, la durée de l'inondation peut avoir des impacts plus significatifs sur les panneaux isolants. Des facteurs aggravants du dommage sont donc proposés pour le cas où les inondations durent plus de 12 heures.

Dommages sur les services publics, routes, voies ferrées, et frais d'urgence

Plusieurs thèmes peuvent être analysés :

- Perturbation du trafic routier : coût du temps additionnel et coût des ressources supplémentaires (fonction de la vitesse du véhicule). Il est nécessaire de connaître les routes coupées par l'inondation, le volume du trafic, le coût du trafic et les itinéraires bis ;
- Perturbation du trafic du train : il faut déterminer le nombre de passagers par jour, connaître les lignes coupées, appliquer une compensation par passager liée au délai de trajet supplémentaire ou à l'annulation du trajet (donné en Annexe 6 du guide) et la conversion de la perturbation annuelle moyenne en fonction de la période de retour de l'événement ;
- Services d'urgence : autorités locales, police, pompier, ambulance, Agence environnementale, services bénévoles et l'armée : retour d'expérience des événements d'automne 2000.

Dommages sur l'agriculture

Le guide propose les prix, les surfaces, l'output, les coûts variables, les coûts fixes, les marges pour six cultures (blé d'hiver, colza, pois, haricot, betteraves sucrières, pommes de terre) et expose également l'output, les coûts variables, les marges, les coûts fixes par tête de bétail (vaches laitières, vaches de boucherie, bovins de boucherie, moutons).

5.3. Applications

Cette section permet d'avoir un aperçu d'un guide réalisé par l'Environment Agency et destiné à des acteurs opérationnels. Un logiciel d'aide à la décision intégrant l'évaluation économique est également présenté. Enfin, le programme Floodsite retenu lors du 6^{ème} PCRD, rassemblant de nombreux rapports sur l'approche économique, est résumé.

5.3.1. Le guide de l'Environment Agency

Ce guide méthodologique est destiné à des praticiens responsables de la gestion du risque d'inondation et de l'érosion côtière appartenant à l'Environment Agency, aux autorités locales, à des bureaux d'étude...

Deux niveaux d'analyse sont présentés :

- Premier niveau : une analyse rapide qui fournit une série de valeurs standard. L'objectif est de donner une indication sur une fourchette de variation des valeurs économiques liée à un effet de l'environnement (inondation par exemple). Cette variation peut suffire à la prise de décision. Ces valeurs économiques sont issues de la littérature.
- Deuxième niveau : si le premier ne suffit pas, une seconde analyse peut être menée : le transfert de bénéfice dont les résultats seront ensuite inclus dans une analyse coût bénéfice. Cette approche nécessite alors plus de données et d'efforts de la part des praticiens.

5.3.2. Le logiciel d'aide à la décision : MDSF

Ce logiciel est un outil qui peut assister les plans de gestion des inondations (Catchment Flood Management Plans, CFMPs), les plans de gestion du littoral (Shoreline Management Plans, SMPs), des études... Il a été développé par HR Wallingford, Halcrow, CEH Wallingford et le FHRC pour le DEFRA et l'Environment Agency.

Les dommages économiques aux propriétés et aux surfaces agricoles peuvent être évalués. Par contre, seuls les dommages directs sont pris en compte. Aucun outil ne permet de considérer les dommages indirects tels que les réseaux, les routes...

Les données et les outils utilisés dans ce logiciel proviennent des tables du manuel Multi-coloured du FHRC. Une base de donnée a également été créée (National Property Dataset) en fusionnant deux bases, celle des adresses et la base FOCUS pour obtenir une liste géoréférencée de toutes les propriétés du pays, classées sous forme de catégories. Chaque catégorie est associée à une fonction de dommage du manuel Multi-coloured.

5.3.3. Le programme Floodsite

Ce programme de recherche du 6^{ème} PCRD est résumé de la façon suivante¹⁹ : « FLOODsite couvre les aspects physiques, environnementaux, écologiques et socio-économiques des inondations en allant des rivières jusqu'aux estuaires et aux côtes. Il considère le risque comme la combinaison de la source de l'aléa, de son cheminement et de ses conséquences sur les « cibles » que sont les personnes, les biens et les milieux. FLOODsite est un « Projet Intégré » de la priorité Changement Global et Ecosystèmes du Sixième Programme Cadre de la Commission Européenne. Il a commencé en 2004 et sera actif jusqu'en 2009. Le consortium FLOODsite inclut 37 instituts et universités de pointe et il regroupe des gestionnaires, des chercheurs et des praticiens appartenant à une large gamme d'organisations gouvernementales, commerciales et de recherche spécialisées dans la gestion du risque d'inondation. »

Ce programme fournit de nombreux rapports, guides méthodologiques et documents téléchargeables sur internet.

Plusieurs objectifs ont été retenus. Dans notre cas, les plus intéressants sont les suivants :

- Améliorer la connaissance des principaux moteurs des inondations ;
- Améliorer la connaissance des modèles et des techniques permettant la gestion du risque d'inondation ;
- Comprendre la vulnérabilité et la sensibilité des récepteurs du risque et améliorer et harmoniser les méthodes pour évaluer les conséquences sociales et pour estimer les dommages ;
- Evaluer les mesures et les instruments post-crise, développer des stratégies de gestion durable du risque d'inondation, les évaluer avant leur mise en place pour un ensemble de conditions physiques et sociales ;
- Améliorer les mesures de gestion des inondations appliquées durant un évènement de crue (alerte des crues, plan d'évacuation) ;
- Développer une méthode pour identifier et quantifier l'influence de l'incertitude dans le processus de gestion des inondations ;
- Produire des guides de bonnes pratiques.

3. L'Allemagne

3.1. Le contexte

En Allemagne, il n'existe pas de méthode standardisée au niveau fédéral. Des initiatives pouvant éventuellement menées à l'élaboration d'une méthode standardisée ont été identifiées. Certains Länder réfléchissent à l'élaboration d'un cadre standard, des directives au niveau fédéral sont proposées, enfin des projets de recherche permettent des avancées méthodologiques.

La gestion du risque d'inondation et la mise en place de la directive Inondation sont gérées par les Länder. Buck et Pflügner (2008) constatent que l'obligation de la réalisation des analyses coût bénéfice est intégrée de plus en plus dans les règlements et dans les manuels des Administrations de la Gestion de l'Eau des Länder.

Figure 1 : Les Länder²⁰.

¹⁹ Source : www.floodsite.net

²⁰ <http://www.bundesrat.de/FR/organisation-fr/laender-fr/laender,property=default.gif>



Au niveau juridique, la loi sur la protection contre les crues a été établie en 2005, suite aux évènements de crues sur l'Elbe en 2002. Elle a pour objet la mise en place du programme du gouvernement fédéral en cinq points :

1. Programme commun de l'Etat et des Länder :
 - ü Donner plus d'espace aux rivières ;
 - ü Favoriser la retenue décentralisée (dans les bassins versant des affluents) de la crue ;
 - ü Contrôler le développement urbain – réduction du dommage potentiel ;
2. Plans d'actions au-delà du Land – conférence spécialisée internationale :
 - ü Elaboration des plans de protection et réalisation des mesures de prévention du risque d'inondation en collaboration avec des Länder et des pays voisins ;
 - ü Echange et prise de décisions lors des conférences internationales ;
3. Développement de la collaboration au niveau européen :
 - ü Soutien politique et cofinancement des projets contenant un aménagement du territoire transfrontalier par le gouvernement fédéral ;
4. Vérification de l'aménagement des rivières – développement de la navigation en respectant l'environnement :
 - ü Evaluation des planifications d'aménagement des rivières en vue de la protection contre les crues ;
5. Mesures d'urgences de la protection contre l'inondation :
 - ü Mise à disposition des moyens financiers par le gouvernement fédéral pour les travaux de réparation et le soutien financier de la population touchée après la crue en 2002.

La loi sur les principes budgétaires (« Haushaltsgesetz »), les règlements budgétaires du Bund (« Bundeshaushaltsgesetz ») et des Länder (« Länderhaushaltsgesetz ») obligent l'Etat et les Länder à analyser la rentabilité des mesures de la gestion des eaux.

3.2. Les méthodes

3.2.4 IKONE

L'étude « IKONE - Conception intégrative, bassin versant du fleuve Neckar » (2003) a pour objectif d'évaluer les dommages selon un mode surfacique.

L'idée de cette approche est de relier des données d'occupation du sol aux données de la statistique économique afin d'estimer la valeur des biens par type d'occupation du sol et d'évaluer ensuite les dommages. Le rapport coût bénéfice est établi pour vérifier la rentabilité de la mesure prévue. Plus de détails sur cette méthode sont donnés ci-dessous.

Recensement des enjeux

Les données pour la détermination des surfaces occupées en Bade-Wurtemberg proviennent de ALK/ALB²¹ et du système ATKIS²² (voir encadré ci-dessous). Les deux sources de données comportent des informations sur l'occupation du sol sous forme numérique (enregistrées dans banques de données), mais chacune d'elles possède une classification propre des types d'occupation du sol.

Afin d'estimer la valeur des biens sur les surfaces de chaque type d'occupation du sol, les données de la statistique économique sont considérées. Environ cent modes d'occupation du sol du cadastre ALB ont été regroupés de sorte qu'ils correspondent aux classes d'occupation du sol de la statistique économique. Les données économiques peuvent être attribuées directement aux surfaces des types d'occupation du sol d'ALB.

Du fait d'une résolution différente des données ATKIS, une attribution directe des données économiques aux types d'occupation de sol du système ATKIS n'est pas possible. Pour cette raison, les types d'objet ATKIS sont d'abord regroupés en classes d'occupation du sol correspondant à la structure des données de la statistique économique.

Encadré 1 : ATKIS « Système Officiel d'Information Topographique-Cartographique »

ATKIS est un système topographique-cartographique qui est géré par le groupe de travail « Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) » et construit par les Offices de mesure des Länder (« Landesvermessungsämter ») depuis 1990. Il donne des informations sur la topographie de la surface terrestre et enregistre des informations sur les objets et leur position géographique sous forme numérique qui sont dérivées des cartes topographiques officielles. Le catalogue ATKIS permet la division des types d'objets en plusieurs

²¹ Automatisierte Liegenschaftskarte/Automatisiertes Liegenschaftsbuch (fr.: carte/livre automatisée des biens fonciers)

²² Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (fr.: système d'information cartographique-topographique officiel)

sous-classes (structure hiérarchique) et ainsi l'identification des objets à l'aide d'un code de 4 chiffres. Il est téléchargeable auprès des Offices du Cadastre.

ALK / ALB

Le livre ALB (« Automatisiertes Liegenschaftsbuch ») et la carte ALK (« Automatisierte Liegenschaftskarte ») comportent des informations sur tous les terrains et bâtiments relatifs à leur surface, leur usage, leurs propriétaires etc. sous forme numérique. ALB comporte des informations sur le bâtiment et la surface cadastrale dans plus que cent types d'occupation du sol et propose ainsi une plus haute résolution que ATKIS.

Ces deux bases de données sont payantes.

Estimation du dommage

Après avoir caractérisé tous les types d'occupation du sol par la valeur des biens, le dommage par type d'occupation du sol peut être estimé à l'aide de fonctions d'endommagement.

Les fonctions d'endommagement, qui ont été établies dans le cadre de l'élaboration de l'Atlas du Rhin (2001), sont appliquées ici. Elles sont dérivées de la base de donnée HOWAS (voir encadré) qui enregistre environ 2°000 cas de dommage avec environ 3°200 objets et les données de référence correspondantes (par exemple la hauteur d'eau qui a causé les dommages). Les fonctions sont directement applicables aux classes de ALB/ALK et aux classes « pures » de ATKIS (fonctions de base). Pour les classes « mixtes » de ATKIS, des fonctions mixtes sont élaborées.

Les fonctions mixtes pour les classes ATKIS sont nécessaires parce qu'elles réunissent différents types d'occupation du sol. Les fonctions de base sont ainsi pondérées correspondant à l'occupation du sol. Les fonctions de base évaluent le degré d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau pour les enjeux suivants :

- ü Bâtiments ;
- ü Economie ;
- ü Equipement de l'habitat ;
- ü Propriété de l'état ;
- ü Industrie ;
- ü Travaux publics en sous-sol ;
- ü Transport ;
- ü Surfaces agricoles ;
- ü Forêts ;
- ü Espaces vertes, de sport et de loisir.

Les fonctions mixtes évaluent le degré d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau pour les enjeux :

- ü Habitation ;
- ü Industrie et au commerce ;
- ü Usage mixte ;
- ü Espaces de fonction particulière.

L'effet du délai de réaction (à la suite de la prévision de crue) et de l'anticipation personnelle est pris en compte en intégrant des taux qui sont multipliés par les fonctions d'endommagement :

- Ü un taux de 0,1 pour les crues d'une période de retour de <10 ans ;
- Ü un taux de 0,2-0,3 pour les crues d'une période de retour de <20 ans ;
- Ü un taux de 0,5-0,7 pour les crues d'une période de retour de <50 ans.

Les taux ont été élaborés grâce aux retours d'expérience.

Encadré 2 : Base de données HOWAS

La base de données HOWAS a été développée et conduite par l'Office de la Gestion des Eaux du Land de la Bavière à Munich dès les années 70. Elle correspond à un catalogue de données de dommages relevées par des experts sur les événements de crue (entre 1965 et 1988) en Bade-Wurtemberg, Bavière, Rhénanie-Palatinat et en Rhénanie du Nord-Westphalie (Université de Merseburg). Elle enregistre environ 2.000 cas de dommage avec environ 3 200 objets individuels dont les données de référence sont connues afin de pouvoir analyser les lieux de dommage (sous-sol, étage), les types de dommage (au bâtiment, au mobilier fixe, au mobilier mobil, au stock) et les relations entre le niveau d'eau et des caractéristiques principaux d'objet. Les informations sur les dommages sont analysées par critère : immeubles d'habitation, secteur manufacturier, etc.

Les fonctions d'endommagement permettent d'estimer le degré d'endommagement de la valeur des biens (en %) en fonction de la hauteur d'eau. Pour l'estimation du bénéfice apporté par une mesure, l'impact en terme monétaire des mesures existantes est comparé à celui des mesures prévues. La différence entre l'espérance de dommage dans le cas « avec protection » et « sans protection » est considérée. L'espérance de dommage intègre la fonction d'endommagement et reflète des dommages à attendre en moyenne par an :

$$\bar{S} = \int_{P_0}^{P_t} S(p) dp$$

S = espérance moyenne annuelle [DM/n]

$S(P)$ = fonction d'endommagement (=dommage S [DM] par événement en fonction de la probabilité d'occurrence P [1/n])

P = probabilité d'occurrence d'un événement d'inondation [1/n]

P_0 = probabilité d'occurrence d'un événement d'inondation dont le débordement cause des dommages

P_k = probabilité d'occurrence du plus grand événement d'inondation [1/n]

et $\bar{S} = \sum_{i=1}^k \frac{S_{i+1} + S_i}{2} \bullet \Delta p_i$

i = période de retour

Ces équations sont dérivées de l'étude de DVWK (1985) sur « l'évaluation économique des effets de la protection contre des crues ».

Finalement, la différence des espérances de dommage donne la réduction du dommage en Euro/an.

Rapport coût-bénéfice

Avant de comparer la réduction de dommage avec les coûts, il est nécessaire d'actualiser les données monétaires pour la durée d'utilisation prévisionnelle de la mesure de protection.

La valeur actuelle des coûts est déterminée par l'accumulation des coûts d'investissement et par l'actualisation des frais d'entretien, de fonctionnement et des coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation pour la durée d'utilisation prévisionnelle.

La rentabilité de la mesure est vérifiée si:

valeur actuelle des bénéfices – valeur actuelle des coûts > 0

ou

valeur actuelle des bénéfices / valeur actuelle des coûts > 1

3.2.5 Méthode de la hiérarchisation des mesures de protection contre les inondations en Saxe

Cette méthode a été développée par le Ministère de l'Environnement et de l'Agriculture de la Saxe et par l'Administration des Barrages « Landestalsperrenverwaltung » de la Saxe afin de mettre à disposition un instrument multi-critères. L'objectif était de hiérarchiser 1'600 mesures de protection en Saxe.

Cet instrument reprend deux critères économiques (évalueable en terme monétaire) et deux critères hydrotechniques et sociaux (non-monétaires) et se fonde sur un système de points. Lors de l'évaluation d'une mesure, un certain nombre de points est attribué à chaque critère correspondant à l'effet de la mesure sur celui-ci. Tous les critères disposent du même nombre maximal de points par critère. Par contre, les sous-critères disposent d'un nombre maximal différent selon leur signification. Finalement, la mesure est classée en priorité « faible », « moyenne » ou « haute » en fonction du nombre total, c'est-à-dire de la somme de points de tous les critères.

Les critères sont les suivants :

- Ü Dommage potentiel ;
- Ü Rapport coût-bénéfice ;
- Ü Effets liés à la gestion des eaux (effets hydrauliques, écologiques, etc.) ;
- Ü Vulnérabilité.

Dommage potentiel

Les mesures sont comparées et évaluées selon la hauteur du dommage évité. Cette méthode propose une estimation du dommage cumulé du degré de protection actuel jusqu'au degré de protection visé. Le dommage cumulé $SP(T)_{cum}$ est estimé à l'aide du dommage causé par la plus forte inondation considérée $SP(T)$ multiplié par le taux F_1 et le taux F_2 :

$$SP(T)_{cum} = SP(T) * F_1(T) * F_2$$

F_1 est un taux normalisé de dommage calculé pour l'ensemble des événements de crue et cumulé jusqu'au degré de protection visé. F_2 permet une pondération des dommages correspondant au type d'occupation du sol de la zone touchée, par exemple il peut exprimer une augmentation des dommages dans les zones très peuplées.

Le nombre de points est donné selon la hauteur du dommage potentiel qui pourrait être diminué par la réalisation de la mesure considérée.

Rapport coût-bénéfice

Le rapport coût bénéfice est estimé comme suit :

$$\text{rapport} = \text{SP}(T)_{\text{cum}} / (\text{FI} * F_{\text{FR}(T)})$$

Le dommage cumulé représente le dommage évité (bénéfice). Les coûts sont intégrés par le produit des frais d'investissement FI et d'un taux $F_{\text{FR}(T)}$ tenant compte des frais de travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation actualisés par type de mesure et par durée moyenne d'utilisation. Si le rapport est positif, un certain nombre de points est affecté à ce critère.

Effets liés à la gestion des eaux

Ce critère comporte l'évaluation de trois sous-critères suivants et attribue à chacun un certain nombre de points s'il permet une :

- ü Amélioration de la capacité de rétention ;
- ü Amélioration des conditions d'écoulement des milieux aquatiques ;
- ü Amélioration de la qualité de la structure et/ou modification de l'écologie des milieux aquatiques.

L'évaluation de ces sous-critères est qualitative.

Vulnérabilité

La vulnérabilité de la zone à protéger par la mesure proposée est évaluée à l'aide des trois sous-critères :

- ü Susceptibilité particulière aux effets hydrauliques et physiques d'inondation ;
- ü Danger indirect par les objets touchés par l'inondation ;
- ü Besoin de protection des objets et des sujets à cause de l'absence ou l'insuffisance d'une défense contre les inondations.

Des cartes de risque et des expertises facilitent une évaluation qualitative de ce critère.

Pour tous les critères, le plus haut nombre de points est attribué au sous-critère qui favorise la mise en œuvre de la mesure analysée.

3.2.6 Projet KRIM

Le projet « Changement Climatique et Gestion Préventive du Risque et de la Protection Côtière à la Côte Allemande de la Mer du Nord (KRIM, 2005) intègre une estimation des dommages écologiques dans son sous-projet « Analyse Economique Régionale du Risque », un recensement des enjeux dans son sous-projet « Changement Climatique et Protection Côtière », des fonctions de dommage et une analyse coût bénéfice. L'estimation des dommages écologiques s'appuie sur la méthode du transfert de bénéfice.

L'estimation des dommages écologiques

La zone d'étude est classée par type de paysage « paysage culturel de la côte marécageuse de la Mer du Nord » représentant un certain équipement de capital écologique.

Le capital écologique est estimé par le consentement à payer : « A combien estime la société la somme des biens écologiques produite par ce type de paysage ? ». Cette étude utilise le transfert de bénéfice. Cette méthode consiste à adapter les modélisations d'une étude antérieure ayant des caractéristiques proches de la zone d'étude retenue.

- Le transfert de bénéfice

Cette méthode transfère les évaluations environnementales obtenues en dehors de la zone d'étude. Les valeurs monétaires des biens environnementaux collectées dans le cadre d'une enquête primaire sont appliquées à la zone d'étude en utilisant des méthodes de correction à l'aide d'une seconde enquête.

Les deux enquêtes devraient^o:

- ü Avoir une bonne documentation et un caractère irréprochable au niveau méthodologique ;
- ü Présenter les mêmes changements environnementaux examinés au niveau qualitatif et quantitatif ;
- ü Comporter des informations sur la structure de la population ;
- ü Présenter des similitudes en vue de la situation d'utilisation du bien environnemental (disponibilité des biens substituables, distribution des droits de disposition, coûts de l'utilisation) ;
- ü Comporter le même « degré de bien-être » théorique, c'est-à-dire qu'il faut déterminer soit le consentement à payer soit le consentement à recevoir.

L'étude primaire présente une valeur du paysage estimé dans un certain lieu.

L'étude de « Contingent Valuation » de Goodman, Seabrooke et Jaffry (1998) sur l'estimation de la valeur de protection du paysage côtier de la Grande-Bretagne est considérée.

Cette valeur est transférée à la zone d'étude secondaire en tenant compte des différences de l'étendue de la zone d'étude entre l'étude primaire et secondaire, des dates de réalisation des études et des différences entre la monnaie et le niveau de prix afin d'estimer le consentement total de la région étudiée pour la protection du paysage.

Le consentement total pour la protection du paysage reflète le dommage potentiel écologique. Les informations de simulation d'inondation et les informations sur la sensibilité des biens, qui se basent sur les dires d'experts du sous-projet Ecologie de KRIM, sont considérées pour estimer les dommages écologiques dans le cas d'une certaine crue.

Le recensement des enjeux

Les valeurs des biens de la ville de Brême des années 1998-2000 sont recensées (Mai S. et al., 2004).

Le tableau ci-dessous présente les sources de données et les grandeurs d'entrée pour les catégories recensées. Toutes les données ont des dates d'origine différentes (en fonction de la disponibilité des données), mais elles sont référencées à une date commune, au moment de l'étude, en tenant compte de la perte de valeur conditionnée par le temps et en supposant une valeur moyenne de perte d'usage de 50% impliquant une perte linéaire pour les valeurs à l'état neuf.

Tableau 6 : Catégories recensées, sources et grandeurs d'entrée

Catégorie de valeur : valeur totale de la commune ou de la ville (2000)	Source	Grandeurs d'entrée
Habitants	Offices statistiques des	- Habitants (commune)

	Länder	
Habitation	Offices statistiques des Länder : comptabilité nationale office fédéral de la statistique : Offices statistiques des Länder	<ul style="list-style-type: none"> - Valeur nette des biens aux prix de remplacement selon secteurs économiques (Land) - Valeur nette des biens aux prix de remplacement selon secteurs économiques (état) - Habitants (commune)
Biens mobiliers	Offices statistiques des Länder : valeur d'assurance	<ul style="list-style-type: none"> - Surface habitable (commune) - Valeur des biens mobiliers par surface habitable (m²)
Voiture particulière	Offices statistiques des Länder Fournisseurs commerciaux des données	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre des voitures particulières - Valeur moyenne voiture d'occasion
Valeurs des biens des secteurs économiques : agriculture et sylviculture, pêche, exploitation des mines, gestion de l'eau et de l'énergie, secteur manufacturier, industrie du bâtiment, commerce, tourisme, trafic et télécommunication, financement et location et prestations de services d'entreprises, prestataires publics et privés de service	Offices statistiques des Länder (comptabilité nationale) Offices statistiques des Länder	<ul style="list-style-type: none"> - Capital financier net des secteurs économiques (Land) - Capital financier brut des secteurs économiques (État) - Nombre des employés assujettis à la sécurité sociale (commune)
Stock des secteurs économiques (cf. ci-dessus)	Offices statistiques des Länder : statistique fiscale ; statistique de valeur fiscale standardisé	<ul style="list-style-type: none"> - Valeur du stock des secteurs économiques 1995 (Land)
Valeur ajoutée des secteurs économiques (cf. ci-dessus)	Offices statistiques des Länder (comptabilité nationale) Offices statistiques des Länder	<ul style="list-style-type: none"> - Valeur ajoutée brute (Land) - Employés assujettis à la Sécurité sociale (commune)
Valeur du bétail (1999)	Offices statistiques des Länder (recensement du bétail) Eurostat	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre du bétail (bovins, brebis) - Poids par unité de bétail - Prix agricoles (prix par kg poids vif)
Surfaces découvertes publiques (1998)	Kiese, M., Leineweber, B., 2000, p.64 Valeurs de base: Simon, J., Kleiber, W., 1996,	Frais moyen de production par m ²

	p.622	
Routes : Autoroutes Routes nationales Routes du Land Rues communales	Office de la construction des routes du Land de la Basse-Saxe Berger, M., 2001, p.70 Reese, S., Markau, H.-J., Sterr, H., 2001	Frais moyen de construction nouvelle par m pour différents types de routes
Lignes ferroviaires	Deutsche Bahn construction Nord	Frais moyen de construction nouvelle par m
Valeur du sol : centre-ville Terrain à bâtir pour le logement Surfaces artisanales Labours prairie	Jurys d'expertise pour des valeurs du terrain : - Bulletin du marché immobilier en ligne - Par téléphone (Brême)	Valeur directive du sol en moyenne par m ² pour différents types d'occupation du sol

Les fonctions de dommage (Elsner W. et al., 2005)

Les fonctions de dommage sont dérivées de trois études à l'échelle méso. Le tableau ci-dessous liste les sources et les catégories étudiées. Elles nécessitent des « paires de données » par catégorie : la hauteur d'eau (en m sur le niveau du terrain) et le taux du dommage correspondant (en %). À l'aide d'une analyse de régression, les fonctions de dommage par enjeu sont calculées à partir des paires de données disponibles dans les trois études. La qualité d'adaptation est vérifiée à l'aide du coefficient de détermination et du test de Fisher. Toutes les données ne sont pas disponibles dans les trois études. Des catégories d'enjeux peuvent ne pas être tout à fait les mêmes. Ainsi un ajustement des données et des enjeux considérés doit être réalisé entre les trois études et les catégories d'enjeux retenues.

Les fonctions de dommage sont développées pour les catégories d'enjeux retenues. Celles-ci sont les suivantes :

- ü Secteur manufacturier ;
- ü Agriculture ;
- ü Commerce et transport ;
- ü Prestations de service ;
- ü Etat ;
- ü Stock ;
- ü Habitation ;
- ü Biens mobiliers ;
- ü Véhicules automobiles ;
- ü Infrastructure ;

Quelques fonctions de dommages correspondent à plusieurs enjeux de trois études sources :

- ü Secteur manufacturier, industrie du bâtiment ;
- ü Industrie minière ;
- ü Approvisionnement en eau et énergie ;
- ü Agriculture, sylviculture, pêche ;

- ü Commerce ;
- ü Transport et télécommunication ;
- ü Hôtellerie et restauration ;
- ü Financement, location, prestation de service ;
- ü Prestataires publics et privés ;
- ü Stocks ;
- ü Habitation ;
- ü Biens mobiliers ;
- ü Véhicules automobiles ;
- ü Infrastructure.

Tableau 7 : Sources d'information et catégories recensées pour l'établissement des fonctions de dommage à l'échelle méso

Etude	Catégories recensées
KLAUS, SCHMIDTKE (1990)	Surface agricole Bétail Agriculture Industrie Transport et télécommunication Autres domaines économiques sans habitation Stocks Habitations Véhicules automobiles
MURL (2000)	Secteur d'approvisionnement en eau et énergie Secteur du transport et de la télécommunication Travaux publics de l'Etat Bâtiment de l'Etat Entreprises agricoles Stock du commerce et des prestations de service Stock de l'industrie manufacturière et du bâtiment Bâtiment de l'industrie manufacturière et du l'industrie de bâtiment, commerce et prestations de service, habitation Biens mobiliers Véhicules automobiles
MANIAK (2001)	Approvisionnement en eau et énergie, télécommunication Secteur manufacturier Commerce et prestations de service Etat et organisations privées Agriculture Habitation Biens mobiliers Stock Véhicules automobiles Bétail

L'analyse coût bénéfice

KRIM recommande prudence et vigilance à l'égard de l'emploi de la méthode de l'ACB à cause des incertitudes concernant l'évaluation monétaire des enjeux, des lacunes relatives à la méthodologie, du temps passé à la réalisation et la faible accessibilité aux données.

Le critère de décision est le suivant :

$$K_0 = A_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

avec

K_0 = valeur actuelle du projet au moment de référence

A_0 = coûts d'investissement initiaux

B_i = bénéfices

C_i = coûts au moment de t_i

r = taux d'actualisation

$i = 1, \dots, n$ (durée du projet en années)

Parmi tous les projets où $K_0 > 0$, le projet présentant la plus grande valeur K_0 sera préféré. Une autre approche consisterait à estimer le rapport entre les coûts et ses bénéfices. Un rapport positif reflète la rentabilité du projet.

3.2.7 Les projets RIMAX

3.2.7.1 INNIG

Le projet « Gestion Intégrée du Risque d'Inondation dans une Société Individualisé » (INNIG) est un projet interdisciplinaire intégrant cinq sous-projets. Le rapport final « Risques et Réduction du Risque dans une Zone de Marée » du sous-projet « Analyse et Contrôle du Risque » est analysé ici. Il propose une approche de la quantification du risque d'inondation. Il est conduit par l'Institut Franzius de l'Université de Hanovre.

La quantification du risque d'inondation est réalisée selon les étapes suivantes:

- Ü Détermination des valeurs qui se trouvent dans la zone d'étude ;
- Ü Détermination des types d'occupation du sol ;
- Ü Estimation de la valeur sur chaque surface occupée ;
- Ü Evaluation des dommages ;
- Ü Analyse coût bénéfice.

Détermination des valeurs dans la zone d'étude

Les enjeux évaluables en terme monétaire sont considérés. La valeur des biens et du stock de la ville de Brême sont pris en compte. La valeur des biens représente les valeurs durables dans les divers domaines économiques d'un objet comme l'équipement et les bâtiments. Le stock représente les matières premières, secondaires et de production, des produits achevés et inachevés. Le terrain est évalué à l'aide d'une valeur moyenne de situation. Elle dépend de la valeur directive du sol en fonction de l'occupation du sol.

Encadré 3 : La valeur Directive du sol

Dans le droit allemand de l'urbanisme, la valeur directive du sol est une valeur moyenne de terrain qui est déterminée à l'aide du prix d'achat du terrain en fonction de son état de développement. Elle est estimée pour les terrains à bâtir au moins tous les 2 ans selon le règlement du Land. Elle permet de déterminer la valeur des immeubles. Les valeurs directives du sol sont publiées sous forme de tableaux et de cartes (source : BauGB).

Les valeurs des biens de la ville de Brême des années 1998-2000 sont recensées dans le cadre du projet KRIM (Mai S. et al., 2004).

Détermination des types d'occupation du sol

Les surfaces de la zone d'étude sont classées en fonction de leur occupation du sol (prairie, immeubles d'habitation, surface industrielle...) à l'aide du catalogue d'objet ATKIS .

Estimation des valeurs par surface occupée

Les valeurs disponibles des catégories recensées sont distribuées de façon régulière aux surfaces du type d'occupation de sol correspondant au catalogue d'ATKIS. Cette répartition régulière peut impliquer une sous- ou surestimation de la valeur, et ainsi du dommage.

Evaluation du dommage

Les dommages directs aux biens ménagers et d'exploitation, à l'infrastructure, aux bâtiments etc. sont évalués. Les dommages indirects pourraient être évalués à l'aide de la perte de gain et du chiffre d'affaires, mais ils ne sont pas intégrés ici.

Le dommage à chaque surface est estimé par la multiplication de la valeur présente par catégorie et du taux d'endommagement de cette catégorie.

Pour l'estimation du taux d'endommagement, les fonctions de dommage dépendant de la hauteur d'eau sont développées pour chaque catégorie de valeur dans le cadre du projet KRIM (Elsner W. et al., 2005).

À l'aide d'un modèle qui simule le processus d'inondation, l'étendue de la crue, les profondeurs d'eau et la durée de la crue sont calculées.

Analyse coût bénéfice

Les données disponibles ne permettent pas une analyse coût bénéfice significative dans le cadre de ce projet (évaluation de la construction des zones d'expansion). Le calcul simple de l'analyse coût bénéfice est effectué par une comparaison des coûts de la construction des zones d'expansion de crue aux bénéfices estimés à l'aide des fonctions de dommage et la simulation bidimensionnelle qui donne les hauteurs d'eau pour un certain scénario de crue.

3.2.7.2 MEDIS

Le projet « méthodes d'estimation des dommages directs et indirects causés par l'inondation » (MEDIS) est un des projets de RIMAX. L'idée de cette étude est que les facteurs autres que la hauteur d'eau sont négligés dans la plupart des fonctions de dommage. Thielen et al. (2008a) présente ainsi une approche d'estimation du dommage direct et indirect et d'élaboration de données standardisées de dommage.

Estimation des dommages directs

Les données de dommage ont différentes origines.

Les données de dommage causés par les crues en août 2002, août 2005 et en avril 2006 sont collectées à l'aide d'interviews des ménages privés et des entreprises par téléphone.

Les données de dommage à l'infrastructure publique et aux bâtiments sont collectées par une enquête de terrain.

Quatre enjeux sont considérés :

- ü Habitation ;
- ü Commerce et industrie ;
- ü Agriculture ;
- ü Transport.

- Habitation

Les données de dommage à l'habitation sont estimées par le modèle FLEMOps (« Flood Loss Estimation model for the private sector ») qui est basé sur les données empiriques de 1 697 ménages privés des Länder touchés par l'inondation en août 2002 (Saxe, Saxe-Anhalt, Bavière). Après avoir classé les dommages saisis correspondant à la hauteur d'eau, au type de bâtiment et à la qualité du bâtiment, des taux de dommage sont fixés pour toutes les classes. Il existe cinq classes de hauteur d'eau (<21cm, 21-60cm, 61-100cm, 101-150cm, >150cm), trois types de bâtiment (maison particulière, maison de deux appartements, immeuble collectif) et deux classes de qualité du bâtiment (haute qualité, basse qualité). Dans une deuxième étape, les effets des mesures de protection privée et de la pollution (mazout) de l'eau sont pris en compte par des facteurs (voir tableau ci-dessous).

Le modèle FLEMOps peut être appliqué à l'échelle micro (aux seuls bâtiments) et méso (aux unités d'occupation du sol). Une utilisation du modèle pour des événements moins forts qu'un événement extrême (par exemple l'inondation de 2002) risque une surestimation des dommages.

Tableau 8 : Facteurs de pollution (mazout) de l'eau et des mesures de protection pour adapter les dommages aux bâtiments privés (FLEMOps) et aux bâtiments commerciaux (FLEMOcs)

Facteurs de ratio de dommage :	Bâtiments privés	Bâtiments commerciaux
Pas de pollution, pas de protection	0.92	1.02
Pas de pollution, protection moyenne	0.64	0.82
Pas de pollution, protection très bonne	0.41	0.67
Pollution moyenne, pas de protection	1.20	1.28
Pollution moyenne, protection moyenne	0.86	1.03
Pollution moyenne, protection très bonne	0.71	0.84
Forte pollution, pas de protection	1.58	1.28
Forte pollution, protection moyenne	---	1.03
Forte pollution, protection très bonne	---	0.84

- Commerce et industrie (y compris le service public)

Les dommages au commerce et à l'industrie sont intégrés au modèle FLEMOcs (« Flood Loss Estimation Model for the commercial sector ») qui est utilisable à l'échelle micro et méso. Ils sont obtenus par une analyse détaillée des bases de données contenant des dommages pour les événements en 2002, 2005 et 2006 en Allemagne. Les informations sont classées en cinq classes de hauteur d'eau (<21cm, 21-60cm, 61-100cm, 101-150cm, >150cm), en trois tailles d'entreprises en fonction du nombre d'employés (1-10, 11-100, >100) et en quatre secteurs

économiques (services publiques et privées, services d'entreprises, industrie de production, commerce). Ensuite, des taux moyens de dommage (en pourcentage) sont établis pour les bâtiments, pour l'équipement et les biens, pour les produits et les stocks. Pour l'estimation des dommages aux entreprises, les taux de dommage sont appliqués aux données de capital. Dans une deuxième étape, les facteurs tenant compte de la pollution (mazout) et du niveau de protection privée sont considérés en les multipliant par les taux de dommage.

Une base de données contenant des valeurs pour toute l'Allemagne est créée en combinant des données macroéconomiques de l'Office de la Statistique de l'Allemagne et des données de géo-marketing de l'Agence allemande pour l'emploi.

- Secteur agricole

Les dommages agricoles sont classés en :

- ü Dommages au sol, particulièrement la perte de récolte et les effets défavorables à la croissance des plantes ;
- ü Dommages aux bâtiments, aux machines et à l'équipement ;
- ü Dommages aux stocks ou moyen de production (fourrage, engrais, semence) ;
- ü Coûts d'évacuation (par exemple du bétail) ;
- ü Autres frais (par exemple frais de nettoyage, de réparation des infrastructures endommagées).

Pour la catégorie la plus importante (les dommages au sol, aux récoltes et à la croissance des plantes), un nouveau modèle est créé qui considère les facteurs suivants°:

- ü Caractère saisonnier des événements d'inondation (par mois) ;
- ü Type de culture (pommes de terre, betterave à sucre, maïs, blé, orge, seigle, colza et prairie) ;
- ü Région (38 districts ruraux en Allemagne) ;
- ü Durée d'inondation divisée en quatre classes : 1-3 jours, 4-7 jours, 8-11 jours, >11 jours.

La perte de récolte (Euro/ha) est équivalente à un pourcentage du rendement moyen pluriannuel. Le rendement moyen d'une certaine culture est issu des données du « comité pour la technique et le bâtiment dans l'agriculture » (KTBL). Ensuite, le pourcentage du rendement moyen est calculé en fonction du caractère saisonnier de l'événement, de la durée de l'inondation et du type de culture touchée. Le calcul exprime le dommage en Euro/ha.

- Transport

Pour l'estimation des dommages aux routes, une base de données est construite avec des informations sur les caractéristiques des routes, la capacité de charge hydraulique et les coûts de réparation. La ville de Dresde a mis à disposition les informations sur la gestion des projets de reconstruction après l'événement en 2002. Elles sont complétées par les résultats des modèles hydrauliques et des expertises.

Les dommages sont estimés à l'aide de quatre variables :

- ü Coûts monétaires de reconstruction par m² ;
- ü Valeur estimée de remplacement de la route ;
- ü Valeur actuelle estimée ;
- ü Echelle de dommage de six points qui est fixée par les experts de l'administration municipale de Dresde.

Les critères « type de route » et « condition préalable à l'inondation du tronçon de la route »

sont également pris en compte.

Approche d'évaluation des dommages indirects

En fonction du temps (pendant ou après la crue) et de la zone (zone inondée ou hors de la zone inondée), Thieken et al. (2008a) distingue les dommages indirects suivants^o:

- ü Contrôle et défense de l'inondation, urgence et mesures de protection, évacuation etc. ;
- ü Pertes de production et de revenu à cause de la limitation des activités commerciales et des interruptions ;
- ü Détour et/ou interruption de la circulation ;
- ü Pertes par l'interruption de la production (causée, par exemple, par les difficultés d'approvisionnement) ;
- ü Pertes à long terme du revenu/chiffre d'affaire ;
- ü Effets macro-économiques (inflation...).

Ils dépendent des facteurs comme la caractéristique locale, l'intensité et la durée de l'inondation et la coïncidence de plusieurs dangers.

Collection standardisée des données de dommage

Afin d'établir une banque de données appropriée à plusieurs utilisations, il est nécessaire d'élaborer des données de dommage standardisées pour cinq secteurs :

- ü Habitation ;
- ü Commerce (y compris l'industrie et l'infrastructure publique sauf le transport) ;
- ü Agriculture ;
- ü Transport ;
- ü Gestion des eaux (y compris les dommages aux cours d'eau et la défense de l'inondation).

Dans le cadre d'une enquête, des experts de (ré)assurances, des bureaux d'ingénieurs, des Offices publics de l'eau et des institutions scientifiques avec des professions différentes ont évalué l'importance des critères par secteur sur une échelle de 1 (très importante) jusqu'à 6 (information inutile). L'enquête révèle quatre catégories principales pour chaque secteur :

- ü Caractéristiques de l'inondation ;
- ü Caractéristiques de l'objet ;
- ü Informations sur les dommages ;
- ü Informations sur la réduction de dommage.

Des données standardisées sont élaborées pour chacune des catégories principales et pour chaque secteur grâce à des dires d'experts (Thieken et al., 2008b).

Une approche particulière du projet : évaluation des dommages structurels au bâtiment

Pour la détermination de la vulnérabilité des types de bâtiment, deux lots de données sont considérés.

Le premier lot représente des données de bâtiments particulièrement endommagés qui sont élaborées à l'aide de l'inspection des lieux immédiatement après l'inondation d'août 2002 et à l'aide de questionnaires de 2003 et de 2004. Certains types de dommage sont classés selon leur degré d'endommagement.

Le deuxième lot comporte des données relevées par des sondages téléphoniques avec des propriétaires de maison après deux inondations faibles en Bavière 2005 et en Saxe en 2006.

Les lots contiennent des données sur la durée et la vitesse, sur d'autres facteurs contribuant aux dommages et sur des paramètres liés à la vulnérabilité. Les descriptions des dommages sont réalisées selon les degrés de dommages : de 1 (pénétration de l'humidité) jusqu'à 5 (écroulement du bâtiment). Les fonctions de vulnérabilité pour les différents matériaux de mur sont établies en fonction du degré de dommage et de la hauteur d'eau.

3.2.7.3 REISE

Le projet REISE (« Entwicklung eines risikobasierten Entscheidungshilfesystems zur Identifikation von Schutzmaßnahmen bei extremen Hochwasserereignissen ») vise au développement d'un système d'aide à la décision pour l'identification des mesures de protection contre les inondations extrêmes.

Ce projet est encore en cours et les premiers résultats sont attendus pour mi 2009.

L'objectif global du projet REISE est l'élaboration d'une méthode de hiérarchisation multicritères automatisée des mesures de protection contre les crues : des mesures d'influence de l'écoulement, de la réduction de la probabilité de défaillance et de la réduction des dommages potentiels. Le bénéfice et les coûts des mesures sont estimés à l'aide de méthodes d'évaluation économique, écologique et psychosociale.

Le sous-projet Ecologie vise à une analyse du risque écologique et à l'élaboration d'un catalogue de mesures et de critères écologiques. L'évaluation des bénéfices et l'estimation des coûts de construction et d'entretien sont élaborées par le sous-projet Evaluation du Risque. L'approche psychosociale quantifiant des dommages psychosociaux par l'analyse de la vulnérabilité est intégrée au sous-projet Sociologie.

3.2.8 La directive « Calcul comparatif dynamique des coûts »

La directive du groupe de travail LAWA, publié en 2005, présente un outil d'analyse de la pertinence économique valable pour tous les projets liés à la gestion des eaux. Le document « les grands lignes des analyses coût bénéfices » (1981) sert de base à la réflexion.

Le groupe de travail « Eau » de l'Etat fédéral et des Länder (LAWA) accompagne les Länder dans le domaine de la gestion des eaux et du risque d'inondation. Le LAWA, créé en 1956 (www.lawa.de), est une union des ministères des Länder responsables de la gestion des eaux et du droit d'eau. Les membres du LAWA sont les chefs de service des Länder ainsi que les représentants de l'Etat fédéral. Ils se réunissent au moins deux fois par an lors de l'assemblée du LAWA. Ils élaborent des recommandations et préconisent de les introduire dans la pratique des Länder afin de permettre une gestion uniforme des eaux.

Le groupe de travail « Eau » se compose de quatre commissions°: droit, eaux de surface et protection du littoral, eau souterraine et approvisionnement en eau, protection contre les crues et hydrologie. La dernière commission, réunie au printemps 2008, focalise son travail sur les activités liées à la réalisation de la directive Inondation.

Le LAWA compare les effets évaluables en terme monétaire des différentes mesures proposées afin d'identifier la mesure la moins chère. Il s'appuie sur l'hypothèse que les bénéfices et les effets non-évaluables en terme monétaire des mesures considérées sont équivalents et qu'une vérification relative de la pertinence est suffisante. Ainsi la mesure la moins chère (considérée comme étant la plus rentable) est préférée parmi les mesures identifiées.

Le calcul est réalisé en respectant les étapes suivantes :

- Ü Détermination des coûts ;
- Ü Traitement mathématique-financier des coûts ;
- Ü Comparaison des coûts ;
- Ü Analyse de la sensibilité et estimation des valeurs critiques ;
- Ü Evaluation globale et interprétation du résultat.

Détermination des coûts

Le document définit les coûts et propose de les classer. Les coûts étudiés se divisent en coûts d'investissement, en coûts de travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation et en coûts courants qui sont souvent dérivés d'autres projets comparables et déjà réalisés. Les coûts sont actualisés à l'aide d'indices de prix publiés dans « l'Annuaire Statistique de la République fédérale d'Allemagne » tous les ans par l'Office fédéral de la statistique.

L'accent est porté sur certaines sources d'erreurs :

- Ü Utiliser de manière non-critique des tendances des années précédentes dont la continuité est incertaine ;
- Ü Utiliser des taux de croissance des prix nominaux au lieu des prix réels ;
- Ü Dériver des données de la statistique sans ajustement à l'impact de l'inflation,

et il est recommandé pour la pratique :

- Ü De réaliser d'abord un calcul comparatif négligeant une croissance des prix ;
- Ü D'analyser des effets de différents taux de croissance dans le cadre de l'analyse de la sensibilité ;
- Ü De supposer un taux d'intérêt maximal de 3% pour les coûts d'investissement et des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation et d'un taux de 0 – 1% par an (max. 2%) pour les coûts courants.

Traitement mathématique-financier des coûts

La directive de LAWA met en œuvre des facteurs pour proposer une comparaison des coûts. Les coûts nominaux sont convertis soit en valeur actuelle des coûts de projet, soit en coûts annuels. Les coûts annuels sont équivalents aux coûts de projet repartis sur la période considérée.

Il faut effectuer une conversion des coûts afin de pouvoir les comparer. Les coûts disponibles sont soumis aux « grandeurs d'influences » (la durée d'utilisation, le taux de croissance de prix, le taux d'intérêt) qu'il faut prendre en compte. Il faut ainsi transformer les coûts soit en valeurs actuelles de coûts de projet (c'est-à-dire tous les coûts sont sommés en tenant compte des grandeurs « d'influence »), soit en coûts annuels (c'est-à-dire tous les coûts de projet sont repartis sur la période considérée en intégrant les « grandeurs d'influence »). La conversion

des valeurs de coût se fait en fonction de la structure des données disponibles. Les facteurs de conversion tiennent compte du taux d'intérêt et de la période d'investissement jusqu'à la fin de la phase opérationnelle.

Le groupe de travail LAWA propose des durées de vie moyenne des installations hydrauliques afin de pouvoir intégrer les coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation. Un taux d'intérêt standard de 3% par an est fixé en accord avec l'État fédéral et les Länder (1986).

Les facteurs permettent des modes de conversion suivants²³:

- Ü Conversion des coûts uniques en valeurs actuelles du coût afin d'intégrer le taux d'intérêt ou le taux de croissance du prix : multiplication du coût nominal par le facteur de capitalisation ou par le facteur d'actualisation ;
- Ü Conversion des coûts uniques en séries de coûts²³ uniformes : multiplication de la valeur actuelle du coût d'investissement par le facteur d'annuité afin d'obtenir la part du coûts d'investissement aux coûts annuels ;
- Ü Conversion des séries de coûts uniformes en valeurs actuelles des coûts : multiplication de la valeur actuelle du coût annuel par le facteur de capitalisation ou par le facteur d'actualisation (en fonction de la date de référence, au début ou à la fin de la série de coûts) ;
- Ü Conversion des coûts récurrents et croissants progressivement en valeurs actuelles des coûts : multiplication du coût nominal par le facteur d'actualisation de progression.

Maintenant une comparaison soit des valeurs actuelles de coûts de projet, soit des coûts annuels (selon la structure de coûts disponibles et le choix du mode de conversion) est possible.

Comparaison des coûts

Après avoir référé les valeurs de coût à une date de base, les valeurs actuelles des coûts ou les coûts annuels sont comparées.

En fonction de la date de mise en service de l'installation, de la durée d'utilisation, des coûts courants et des coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation par rapport aux coûts d'investissement, le calcul est effectué par un des modes de comparaison suivants :

- Ü Comparaison simple des valeurs actuelles des coûts de projet ou/et des coûts annuels. Les mesures ont la même date de la mise en service et la même durée d'utilisation.
- Ü Comparaison des valeurs actuelles du coût de projet équivalentes. Les mesures ont la même date de la mise en service mais une durée d'utilisation différente. Si les coûts réels des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation sont équivalents aux coûts d'investissement initiaux et les coûts courants sont constants (cas particulier), une comparaison des coûts annuels est effectuée. Sinon, une comparaison des valeurs actuelles des coûts de projet est réalisée en utilisant le plus petit multiple commun des durées d'utilisation et en intégrant les réinvestissements de la mesure.
- Ü Comparaison de l'évolution temporelle des valeurs actuelles du coût de projet est effectuée si le plus petit multiple commun des durées d'utilisation est au

²³ Les séries des coûts intègrent les coûts courants et les coûts uniques répartis sur une certaine période.

delà d'une durée réaliste, si les mesures ont une date d'investissement différente ou si les coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation sont différents de ceux de l'investissement initial.

Le dernier mode de comparaison est également utilisé afin de vérifier la rentabilité d'un aménagement réalisé en plusieurs étapes par rapport à un aménagement réalisé en une seule étape ou de considérer un remplacement anticipé de l'installation.

Analyse de la sensibilité et estimation des valeurs critiques

Afin de tenir compte d'un changement des données d'entrées (taux d'intérêt, croissance réelle de prix, durée d'utilisation, coût d'investissement, coût courant) et de contrôler leurs effets, une analyse de la sensibilité permet la vérification de la stabilité du résultat. Elle intègre, par exemple, des taux d'intérêt d'une marge de 2 à 5 % par an.

Les valeurs critiques sont estimées afin de permettre une meilleure évaluation de la stabilité des résultats calculés et ainsi la qualité de la base de décision. La valeur critique est le point pour lequel la mesure la moins chère correspond à la même valeur actuelle (ou le même coût annuel) que la mesure initialement plus chère. À partir de ce point-là, la mesure initialement plus chère est préférée par rapport à la mesure initialement moins chère et maintenant moins rentable.

Évaluation globale et interprétation du résultat

Les résultats obtenus par la méthode du calcul comparatif des coûts sont représentés dans le cadre de l'évaluation globale. Elle intègre également un résumé des hypothèses réalisées (taux d'intérêt, durée d'utilisation, niveau de prix, croissances réelles du prix) et une information sur la structure des coûts des mesures comparées. Les résultats de l'analyse de la sensibilité permettent une conclusion sur les risques financiers du projet.

L'approche économique permet une comparaison directe, mais elle se base sur un seul critère, le critère économique. Pour cette raison, le groupe de travail recommande d'intégrer les aspects intangibles au processus de décision (sans préciser la méthodologie à suivre) afin de mettre en perspective les résultats de l'approche économique.

Il faut aussi considérer l'applicabilité de la méthode de manière critique. Le calcul comparatif des coûts est, en effet, un instrument important, mais d'autres critères (autres objectifs, autres conditions) pourraient justifier un résultat économique différent.

Une réflexion sur l'existence d'autres arguments en faveur d'autres projets (plus chers que la proposition initiale) est ainsi recommandée. Au cas où les coûts des mesures seraient à peu près équivalents, il est de toute façon nécessaire de considérer d'autres critères de décision.

3.2.9 Manuel « informations sur les dommages causés par les crues » de la DWA

Buck et Pflügner W. (2008) présentent une version abrégée des résultats actuels de l'Association Allemande de l'Eau, de l'Eau Usée et du Déchet (DWA) sur l'obtention et l'utilisation des données de dommage.

La DWA est une organisation politique, économique et indépendante. Elle a été créée en 2000. Son activité principale est l'élaboration et l'actualisation de normes techniques au niveau national et international dans le domaine de la protection des eaux et de l'environnement (aspects techniques, économiques et juridiques).

Les auteurs constatent que l'obligation de la réalisation des ACB est intégrée de plus en plus dans les règlements légaux et dans les manuels des Administrations de la Gestion de l'Eau des Länder.

Le manuel de DWA intègre des informations sur les données de dommages pour la planification de protection contre les crues et sur les fonctions de dommage. Il donne également des recommandations pour une bonne pratique.

Les étapes suivantes d'un processus de planification et de décision sont proposées. Ces étapes participent au développement des stratégies de protection dans un bassin fluvial, à l'établissement des plans d'action et des concepts de protection contre les crues et à la planification des mesures individuelles :

- 1) Analyse du problème ;
- 2) Formulation des objectifs et des affaires : protection contre les crues, protection de l'environnement, etc. ;
- 3) Fixation du cadre de l'investigation (spatial, temporel) ;
- 4) Estimation du champ de décision : hydrologie, hydraulique, écologie, etc. ;
- 5) Développement des possibilités de solution ;
- 6) Détermination des effets des mesures ;
- 7) Evaluation des effets des mesures ;
- 8) Contrôle de la sensibilité ;
- 9) Comparaison des possibilités de solution ;
- 10) Présentation des résultats.

Collecte des données

Des données topographiques et d'occupation du sol ainsi que des modélisations hydrologiques et hydrauliques sont utilisées pour estimer des dommages. Cette estimation nécessite donc beaucoup de données.

Pour l'amélioration de la qualité des fonctions de dommage, des grandeurs d'entrée autres que la hauteur d'eau sont considérées. Le dommage par exemple à un immeuble d'habitation peut être évalué à l'aide des grandeurs suivantes :

- ü Caractéristiques de l'inondation : fréquence de l'inondation, vitesse, saison, etc. ;
- ü Informations sur la construction : surface de base du bâtiment, période, état, structure de la construction, hauteur du rez-de-chaussée, proportion du sous-sol ;
- ü Alerte de crue : temps de pré-alerte, qualité de l'information ;
- ü Réaction à l'inondation et efficacité des mesures d'urgence : temps de réaction, nombre des personnes disponibles, degré de l'exercice.

Les données de dommage sont collectées grâce aux retours d'expérience des événements passés et/ou par les données des enquêtes « Que serait si ». La méthode « Que serait si » est

souvent utilisée si d'autres données de dommage causé par les crues passées ne sont pas disponibles. Des experts visitent et analysent le lieu touché ou en danger pour estimer les dommages jusqu'à une certaine hauteur d'eau. En fonction de la prédominance des immeubles commerciaux ou des immeubles d'habitation dans la zone d'étude, les enquêtes sont en premier effectuées dans les immeubles plus nombreux parce qu'ils exposent un plus grand dommage potentiel à la zone d'étude.

La DWA recommande l'établissement d'une banque de données pour la collecte des données de dommage causé par les crues passées et des données collectées par les enquêtes « Que serait si ». Ceci facilite l'analyse statistique des données et le transfert des fonctions de dommage à d'autres régions ayant des caractéristiques similaires.

En parallèle, un effort est fait pour intégrer d'autres données, par exemple, collectées dans le cadre des fonds de catastrophe. Mais les données des assurances ne sont souvent disponibles que sous forme agrégée pour des raisons de confidentialité.

Evaluation des dommages

Pour l'évaluation du dommage, la valeur actuelle (et non la valeur à l'état neuf ou les frais de travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation) des biens endommagés est considérée.

Les fonctions de dommage synthétiques pour les bâtiments sont dérivées des données et des informations collectées dans le cadre des enquêtes « Que serait si ». Elles permettent l'estimation du dommage pour les différentes hauteurs d'eau par étage, pour les caractéristiques locales et pour les grandeurs d'entrée les plus importantes. La collecte des données doit être réalisée par un expert de l'estimation de dommage.

On distingue trois types de fonctions de dommage :

- Ü Relatives à l'objet pour chaque bâtiment ;
- Ü Relatives au type du bâtiment : collecte par enquête, comme « maison particulière, construit après 1990, sans sous-sol » ;
- Ü Fonctions pondérées relatives à la surface, par exemple pour des zones habitées.

La DWA intègre les dommages au bâtiment, aux biens mobiliers, aux installations et stocks des activités économiques, aux véhicules à moteur, à l'agriculture à l'estimation des dommages.

La DWA déconseille une intensification des enjeux dans les zones à risque car cela augmente le dommage potentiel. En plus, elle recommande d'informer les utilisateurs des zones partiellement protégées sur les niveaux de dommage potentiel, par exemple sur les limites de la protection technique.

Evaluation des coûts

Pour l'estimation des coûts (et des bénéfices aussi), les prix réels et un taux d'intérêt réel pour le calcul des valeurs actuelles et annuelles sont utilisés.

Analyse coût bénéfice

La comparaison coût bénéfice des mesures s'appuie sur la directive de la comparaison dynamique des coûts de LAWA (Association des Länder sur l'Eau). La DWA conseille de compléter cette évaluation par l'énumération des effets non-évaluables en terme monétaire. Elle compare la situation dans les cas « avec mesure » et « sans mesure » sur une longue période d'investigation et elle élabore des prévisions ou des scénarios de développement. Du fait des incertitudes, la sensibilité des résultats est contrôlée.

3.2.10 Collecte, préparation et utilisation des informations du dommage d'inondation

Ce document a été publié en août 2008.

Recensement des enjeux

L'évaluation des dommages prend en compte les dommages évités aux personnes et aux matériels.

- Dommage aux personnes

Le dommage potentiel aux personnes est estimé à l'aide du nombre de personnes en zone inondable et l'identification des groupes particulièrement vulnérables.

- Dommage matériel

Suite à l'unification des systèmes d'enregistrement statistique en Europe dans la Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne (NACE) (European Communities, 2008), la DWA recommande la collecte des dommages en tenant compte des trois secteurs principaux : « agriculture, sylviculture, pêche », « industrie manufacturière » et « services ».

Les dommages matériels sont recensés pour les immeubles avec et sans fonction d'habitation, les entreprises agricoles, l'infrastructure, l'espace libre, les cultures agricoles et sylvicoles et le sol ainsi que pour le bétail.

- Dommages aux immeubles avec fonction d'habitation

Les dommages aux immeubles avec fonction d'habitation intègrent les dommages aux bâtiments, les dommages aux mobilier fixes ainsi que les dommages aux cours, aux jardins (plantes, etc.), aux bâtiments annexes (cabanes de jardin, etc.) et aux installations extérieures (clôtures, etc.) causés par l'envasement, l'affouillement ou le creusement.

Les dommages aux installations fixes (chauffage, sanitaires, etc.), aux sous-sols, garages et autres bâtiments annexes sont classés parmi les immeubles avec fonction d'habitation. Les types de bâtiment sont distingués en maison particulière, maison de deux appartements, immeuble collectif.

La cuisine intégrée est classée parmi les biens mobilier ou parmi l'inventaire fixe selon qu'elle appartienne au propriétaire ou au locataire.

- Dommages aux immeubles sans fonction d'habitation

Les dommages aux établissements publics, aux sites de productions et aux entreprises de services sont recensés dans la catégorie des dommages aux immeubles sans fonction d'habitation.

La DWA distingue les établissements publics, les établissements culturels et de formation (écoles, universités, théâtres, musées, etc.), de santé publique, de police et de pompiers, de l'administration publique, de sport et de repos ainsi que les églises, les bâtiments historiques et les monuments, etc.

Les dommages aux sites de production intègrent les dommages aux bâtiments (y compris le mobilier fixe et l'équipement technique), les dommages à l'équipement (installations de production, équipement d'entreprise, etc.) ainsi que la perte et la réduction de la valeur du stock, la perte de production et les dommages en résultant (indirect). Il est recommandé d'examiner chaque site de production touché séparément parce qu'ils se distinguent par ses propres mesures de protection. Le type et le nombre de biens du bâtiment endommagés et le stock touché par l'événement d'inondation HQ_i sont considérés lors de la collecte des données. L'estimation de la valeur actuelle et de la valeur de remplacement du bien endommagé donne la valeur de dommage de ce bien.

Pour les dommages aux entreprises de services, les dommages aux bâtiments (y compris l'inventaire, l'équipement technique, etc.), à l'équipement, au stock et la perte d'exploitation (si elle ne peut pas être compensée par d'autres entreprises) sont considérés.

- **Dommages aux entreprises agricoles**

Les dommages aux bâtiments agricoles et à l'équipement (machines, outils, installations, etc.), au stock et la perte de production sont pris en compte. Les dommages au bétail et à la récolte sont considérés séparément. Les coûts de remplacement ou de récupération (valeur actuelle) indiquent la valeur du capital agricole touché pour laquelle les biens sont détruits par l'événement de crue.

- **Dommages à l'infrastructure**

Les équipements de transport (routes, ponts, voies ferrées et des gares, etc.) et les installations et les réseaux d'approvisionnement (électricité, gaz, eau, eaux usées, chauffage urbain, etc.) sont classés parmi les dommages à l'infrastructure. La valeur d'endommagement est équivalente aux coûts de réparation ou de remplacement en valeur actuelle.

- **Dommages aux surfaces libres**

Les dommages aux terrains de sport et de loisir, aux stations de repos et de cure etc., au paysage, aux installations de protection contre l'inondation et à l'infrastructure de la gestion des eaux sont classés parmi les dommages aux surfaces libres.

- **Dommages aux cultures agricoles et sylvicoles et aux sols**

Les dommages de cette catégorie comprennent les dommages aux champs, aux prairies, aux cultures spécialisées et aux forêts. Les dommages à la récolte sont calculés en fonction de la saison, de la durée, de la vitesse et de la hauteur d'eau.

- **Dommages au bétail**

Les pertes directes (mort par immersion ou hypothermie) sont estimées à l'aide du nombre de bétails tués et du prix courant. La réduction de la valeur du bétail due aux maladies est prise en compte.

Estimation du bénéfice

Le bénéfice d'un projet de gestion du risque d'inondation est obtenu en comparant l'espérance du dommage dans le cas avec et sans projet. L'espérance (le dommage annuel moyen en Euro/an) est calculée selon la probabilité de dommage $S=f(p)$ pour tous les événements d'inondation causant des dommages :

$$\bar{S} = \int_{p_0}^{p_k} S(p) dp$$

avec

- $S(p)$ probabilité de dommage, dommage S en Euro par événement en fonction de la probabilité d'occurrence p en nombre d'événements par an
- p probabilité d'occurrence d'une inondation en nombre d'événements par an [1/n]
- p_0 probabilité d'occurrence d'une inondation causant des dommages en nombre des événements par an [1/n]
- p_k probabilité d'occurrence du plus grand événement d'inondation (événement extrême) en nombre des événements par an [1/n].

La probabilité de dommage $S(p)$ est dérivée de la probabilité d'occurrence d'une crue $HQ(p)$ et de la fonction de dommage $S(HQ)$. À côté de l'estimation de l'espérance, la caractérisation de l'espérance résiduelle (le dommage résiduel) en Euro/an est également recommandée.

- Fonctions de dommage

Les fonctions de dommage traditionnelles sont établies en fonction de la hauteur d'eau. Ceci suppose que la hauteur maximale d'eau est la seule variable déterminant les dommages. Pour éviter ce problème, la DWA propose l'intégration d'autres variables indépendantes à l'établissement d'une fonction de dommage, par exemple la date de l'occurrence, la durée de l'inondation, la vitesse de l'écoulement, la température de l'eau, les matières en suspension et les substances polluantes transportées. La réalisation de cette approche demande beaucoup de données.

La DWA recense les variables suivantes ayant un effet sur la hauteur du dommage: les caractéristiques de l'inondation, l'urbanisation et l'infrastructure, la situation économique et sociale des ménages privés, les caractéristiques économiques pour les entreprises, l'alerte d'inondation, les mesures d'urgence (par exemple des mesures d'évacuation et de protection des objets) et la réaction aux alertes et à l'inondation (mesures prises effectivement).

Les fonctions de dommage sont établies pour les catégories suivantes: bâtiments, biens mobiliers, équipement, véhicules, agriculture, perte d'exploitation.

- L'évaluation des dommages aux bâtiments est effectuée par type de bâtiment, par exemple la date et le type de construction, l'usage actuel, l'état de construction actuel, les mesures de prévention existantes. L'analyse des données statistiques pour la dérivation des fonctions de dommage aux bâtiments n'est plus satisfaisante. Pour cette raison, la collecte des données synthétiques selon la méthode « que serait si » s'est établie récemment. Cette méthode sous-entend un travail de terrain avec une estimation des niveaux de dommage en fonction de la hauteur d'eau dans les étages d'un bâtiment et en fonction des caractéristiques de la zone d'étude. Ces analyses sont effectuées par dires d'experts.

- L'évaluation des dommages à l'inventaire se base sur les données statistiques officielles et sur celles des assurances. Elles donnent des informations sur les dépenses moyennes pour les biens mobiliers et la longévité moyenne des objets. La valeur actuelle du ménage est estimée pour différents types d'immeuble (maison particulière, immeuble collectif, etc.), en considérant la présence et l'utilisation des caves. Les données sur les dommages aux biens fixes des activités économiques sont issues des dires d'experts de l'estimation de dommages et par enquête sur le niveau de dommage auprès d'entreprises. Des inspections des sites donnent des informations supplémentaires.

- Les dommages à l'équipement (installations de production, machines, outils et autre équipement de l'entreprise) sont évaluables par une visite du terrain qui doit être refusée si l'entreprise n'est pas prête à collaborer et à donner des renseignements.

- Le nombre de véhicules présents dans la zone d'étude et la valeur actuelle de ces véhicules permettent l'estimation des dommages aux véhicules (voitures particulières). Les données nécessaires sont mis à disposition par les bureaux d'immatriculation ou sont issues de la statistique, de la composition des flottes de véhicules et des systèmes d'information correspondants. Il existe des fonctions de dommage pour les voitures particulières mais non pour les camions, les autobus et autres machines motorisées.

- L'estimation des dommages à l'agriculture s'appuie sur des données relevées empiriquement et publiées régulièrement par le Comité pour la Technique et le Bâtiment dans l'Agriculture (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL).

- Si une entreprise ne donne pas des renseignements sur les chiffres d'affaires moyens par jour, la perte de la valeur ajoutée par jour peut être estimée à l'aide du nombre d'employés afin d'obtenir une information sur la perte d'exploitation. La statistique de la valeur ajoutée brute par employé existe au moins à l'échelle des districts et souvent pour les trois secteurs principaux agriculture, production et services. La perte d'exploitation indirecte due à la perturbation de l'infrastructure et des réseaux sous-traitant est estimée en fonction du nombre total d'employés dans une commune touchée (obtenu par enquête de l'entreprise ou de la mairie), de la durée de l'inondation et d'un taux journalier ou horaire par employé.

Estimation des coûts

Les coûts du projet de protection contre les inondations sont estimés selon la « Directive du Calcul Comparatif Dynamique des Coûts » (LAWA, 2005) en tenant compte des coûts d'investissement (frais et charges de construction, achat immobilier), des coûts courants (entretien, fonctionnement, surveillance) et des coûts des travaux d'amélioration, d'extension et de réhabilitation.

Comparaison coût – bénéfice

Les coûts sont comparés à l'espérance du dommage annuel évité grâce au projet de protection. Un projet de protection est écarté si ses coûts estimés dépassent l'espérance du dommage qu'il réduirait.

Il est recommandé de prendre également des aspects autres que les critères monétaires et économiques en considération, par exemple l'écologie ou la physionomie de la commune.

4. Les Pays Bas

4.1. Le contexte

Les approches coûts bénéfices sont majoritairement portées aux Pays Bas par le bureau du Plan (CPB)²⁴, qui a engagé au début des années 1990 une série d'études. L'objectif n'est pas seulement de faciliter la prise de décision publique, mais surtout de permettre un débat public. L'intérêt principal des méthodes néerlandaises est qu'elles intègrent des éléments qualitatifs dans les bilans coûts bénéfices, même s'ils ne sont pas monétarisables, de façon à proposer un bilan global acceptable par toutes les parties. Les bénéfices ou les coûts non monétaires peuvent être, par exemple, la diminution du nombre de victimes, les effets sur la biodiversité, la qualité des paysages et les conséquences sociales.

D'après [Barthelemy \(2002\)](#), par comparaison, les Pays-Bas ont certainement connu, ces vingt dernières années, des dommages plus faibles liés aux crues que la France. L'Etat est seul responsable du financement des protections comme de l'aide aux sinistrés. A l'échelle locale, des collectivités spécifiques, les « Waterschappen » sont chargées, entre autres, de construire, d'entretenir les ouvrages et de gérer les eaux de surface (sauf les grands cours d'eau). La politique de protection a été réfléchie depuis plus de cinquante ans avec la prise en compte des aspects socio-économiques, qui ont été utilisés pour proportionner les investissements aux dommages potentiels. Progressivement, ces méthodes se sont transformées en de véritables approches par le risque, très en avance sur ce qui se faisait dans d'autres pays. Un niveau de risque acceptable est pris en compte en considérant des modulations par zone.

En 1998, un projet de recherche a été mis en place pour développer une méthode standard qui devra être utilisée pour tous les futurs projets dans le but de pouvoir les comparer. Seuls les dommages monétaires (directs et indirects) ainsi que le nombre de victimes sont considérés.

4.2. La méthode

Le but de la méthode standard néerlandaise est de réaliser un état des lieux des dommages des inondations éventuelles pour avoir une vision globale des conséquences possibles des inondations.

La modélisation du risque d'inondation consiste théoriquement en quatre étapes :

- Déterminer les probabilités d'occurrence des crues ;
- Déterminer les caractéristiques de la crue : rapidité, vitesse du courant, moment où la hauteur d'eau sera maximale, temps d'évacuation, hauteur d'eau...
- Calcul du dommage qui correspond au temps d'évacuation, à la hauteur maximum et à la période de submersion ;
- Calcul du risque, c'est-à-dire le dommage ou le nombre de victimes multiplié par la probabilité de dommage.

²⁴ Organisme d'intérêt public.

La sévérité des effets d'une crue dépend, en dehors des conditions hydrauliques, des facteurs suivants :

- Occupation du sol ;
- Elévation de certains endroits ;
- Valeur économique du territoire ;
- Densité de population ;
- Saison ;
- Température ;
- Qualité de l'eau (salée ou douce) ;
- Durée de submersion ;
- Délai d'alerte avant l'inondation ;
- La préparation des habitants et l'expérience des inondations ;
- Comportement des habitants.

Le dommage peut être divisé en trois parties en fonction de sa localisation, de la possibilité de lui attribuer une valeur monétaire et de son lien direct ou indirect avec l'inondation. Une autre distinction prend en compte le dommage primaire (sur le territoire où l'inondation s'est produite), secondaire (sur les territoires non inondés) et les effets induits (non attribués à un territoire).

L'inondation type est modélisée par un modèle hydrodynamique de maille 100 mètres. La hauteur d'eau est un élément nécessaire pour l'évaluation des dommages. Dans le cas des bâtiments résidentiels, les effets de la vitesse et des vagues sont aussi considérés. Enfin, en ce qui concerne les victimes, la vitesse, le taux de montée ainsi que la hauteur d'eau sont pris en compte. En pratique, il est très difficile d'inclure l'ensemble de ces distinctions.

Le scénario d'inondation de la méthode standard consiste en une combinaison de toutes les conditions selon lesquelles l'inondation se produit. Un exemple de ces conditions est la localisation des brèches des digues, la croissance de ces brèches... Chaque scénario regroupe les données suivantes :

- Pour la partie hydrodynamique : localisation des brèches sur les digues, le moment d'apparition de la brèche, le niveau d'eau dans la rivière et la croissance des brèches ;
- Pour le calcul des dommages et des victimes : la largeur maximale des brèches et la période pendant laquelle la crue se produit ;
- Pour la détermination du risque d'inondation (dommage multiplié par la probabilité) : la probabilité de chaque scénario.

Les dommages suivants sont considérés : les dommages directs et indirects sur les biens, la perte de production et la perte de salaire. Le nombre de victimes est inclus. Les dommages secondaires et induits ne sont pas pris en compte du fait du manque de connaissance de ceux-ci.

Le dommage est calculé avec la formule suivante :

$$D = \sum_{i=1}^n a_i n_i D_i$$

avec a_i le facteur de dommage de la catégorie i , dépendant de la hauteur d'eau maximale ;
 n_i nombre d'unités dans une section ;

D_i dommage maximal par unité de type i ;

D dommage total des objets de type i .

Le dommage total sur un territoire est la somme des dommages des différentes catégories. Une catégorie peut être l'agriculture, les maisons, les voitures, les infrastructures... Les unités peuvent être des hectares, des kilomètres, nombre d'employés...

Pour calculer le nombre de victimes, le nombre total d'habitants et la rapidité de la montée des eaux sont pris en compte.

Le facteur de dommage est déduit de la fonction de dommage et diffère selon les catégories. Concrètement, les fonctions de dommages suivantes ont été retenues, avec d la hauteur d'eau exprimée en mètre :

- Agriculture et loisir : $a = \text{Min}(d, 0,24d + 0,4, 0,07d + 0,75, 1)$;
- Stations de pompage : $a = \text{Min}(0,9d, 0,26d + 0,28, 1)$;
- Moyens de transport : $a = \text{Min}(0,17d - 0,03, 0,72d - 0,3, 0,31d + 0,1, 1)$;
- Routes et chemins de fer : $a = \text{Min}(0,28d, 0,18d, 0,10d, 1)$;
- Gaz et canalisations d'eau $a = \text{Min}(0,8d, 0,23d + 0,18, 0,10d + 0,52, 1)$;
- Electricité et systèmes de communication : $a = \text{Min}(0,8d, 0,34d + 0,15, 1)$;
- Industries : $a = \begin{cases} 0,1d & \text{pour } d = [0,1] \\ 0,06d + 0,04 & \text{pour } d =]1,3] \\ 0,39d - 0,95 & \text{pour } d =]3,5] \\ 1 & \text{pour } d > 5 \end{cases}$
- Mobiliers : $a = \begin{cases} -0,47d^2 + 0,84d & \text{pour } d = [0,1] \\ 0,03d + 0,44 & \text{pour } d =]1,2] \\ 0,005d^2 + 0,135d + 0,21 & \text{pour } d =]2,4] \\ -0,17d^2 + 1,7d - 3,25 & \text{pour } d =]4,5] \\ 1 & \text{pour } d > 5 \end{cases}$
- Maisons : $a = \begin{cases} 0,05d^2 + 0,045d & \text{pour } d = [0,1] \\ 0,045d^2 + 0,015d - 0,1 & \text{pour } d =]2,4] \\ -0,32d^2 + 3,2d - 7 & \text{pour } d =]4,5] \\ 1 & \text{pour } d > 5 \end{cases}$

L'approche décrite se réfère à des régions subissant des inondations à faibles périodes de retour et un haut niveau de protection pour les digues. Avec une forte période de retour, on s'attend à un total des dommages plus faible en raison d'une sorte de préparation à l'inondation. Il est recommandé de réduire le montant des dommages de 25%.

Table 3.3: Standard Method: damage categories, units, maximum damage amounts, damage functions used and land use data sources (for low frequency flooded areas)

	Damage category	Unit	Average maximum damage amount per unit (€)	Associated Damage function (of Tab. 3.2)	Source (data file used in the standard method)
Land use	Agriculture direct	m ²	1.50	1	CBS land use
	Agriculture indirect	m ²	1.60	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture direct	m ²	40.10	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture indirect	m ²	4.00	1	CBS land use
	Urban area direct	m ²	48.60	1	CBS land use
	Intensive recreation direct	m ²	10.90	1	CBS land use
	Extensive recreation direct	m ²	8.90	1	CBS land use
	Airports direct	m ²	1 197	1	CBS land use
	Airports i.b.	m ²	36	1	CBS land use
Infrastructure	National trunk roads direct	m	1 450	4	National Wegen Bestand (NWB)
	National trunk roads indirect	m	650	4	NWB
	Motorways	m	980	4	NWB
	Other roads	m	270	4	NWB
	Railways direct	m	25 150	4	Nederlandse Spoorwegen (Spoor_NS)
	Railways indirect	m	86	4	Spoor_NS
Households	Railways i.b.	m	151	4	Spoor_NS
	Low-rise dwellings	unit	172 000	9	Bridgis dwelling types
	Intermediate dwellings	unit	172 000	10	Bridgis dwelling types
	High-rise dwellings	unit	172 000	11	Bridgis dwelling types
	Single-family dwelling	unit	241 000	8	Bridgis dwelling types
	Farm	unit	402 000	8	Bridgis dwelling types
Companies	Vehicles	unit	1 070	3	revised Bridgis people file
	Mineral extraction direct	employee	1 820 000	7	Dunn & Bradstreet (D&B)
	Mineral extraction indirect	employee	116 000	7	D&B
	Mineral extraction i.b.	employee	84 000	7	D&B
	Industry direct	employee	279 000	7	D&B
	Industry indirect	employee	70 000	7	D&B
	Industry i.b.	employee	62 000	7	D&B
	Utilities direct	employee	620 000	7	D&B
	Utilities indirect	employee	163 000	7	D&B
	Utilities i.b.	employee	112 000	7	D&B
	Construction direct	employee	10 000	7	D&B
	Construction indirect	employee	26 000	7	D&B
	Construction i.b.	employee	45 000	7	D&B
	Trade, catering direct	employee	20 000	7	D&B
	Trade, catering indirect	employee	3 500	7	D&B
	Trade, catering i.b.	employee	7 500	7	D&B
	Banks, insurance direct	employee	90 000	7	D&B
	Banks, insurance indirect	employee	7 000	7	D&B
	Banks, insurance i.b.	employee	14 000	7	D&B
	Transport and communication direct	employee	75 000	6	D&B
	Transport and communication indirect	employee	6 400	6	D&B
	Transport and communication i.b.	employee	11 200	6	D&B
	Care provision, other direct	employee	20 000	7	D&B
	Care provision, other indirect	employee	6 300	7	D&B
	Care provision, other i.b.	employee	3 400	7	D&B
	Government direct	employee	60 000	7	D&B
	Government indirect	employee	2 200	7	D&B
	Government i.b.	employee	9 200	7	D&B
Other	Pumping stations	unit	747 200	2	WIS
	Purification plant	unit	10 853 000	5	WIS

Source: Kok et al. 2004

4.3. Applications

Deux projets vont être étudiés dans cette section: le projet DEFINITE et le projet COMCOAST.

4.3.1. Le projet DEFINITE

DEFINITE (Decisions on a finite set of alternatives) est un logiciel d'aide à la décision. Il s'agit aussi d'une boîte à outil regroupant de nombreuses méthodes (ACB, multicritères, analyses graphiques).

Quatre méthodes d'analyse multicritères sont proposées :

- Weighted Summation : méthode simple et fréquemment utilisée qui consiste à multiplier les scores attribués et standardisés par les poids de chaque alternative ;
- Electre 2 : cette méthode définit le rang de solutions alternatives basé sur la comparaison deux à deux. On regarde tout d'abord dans quelle mesure une alternative est préférée à d'autres en s'intéressant aux poids, puis dans quelle mesure une alternative est dominée par une autre alternative en s'intéressant aux scores. Ainsi l'idée de base est de voir dans quelle mesure les scores et leurs poids associés contredisent ou confirment la domination d'une alternative par rapport à une autre.
- Régime : cette méthode est basée sur la comparaison deux par deux des alternatives. Des scores et des poids qualitatifs et quantitatifs peuvent être traités. Un indice de concordance est créé par alternative. L'alternative préférée sera celle ayant le plus fort indice.
- Evamix : les scores quantitatifs et qualitatifs sont traités séparément. Pour chaque score, un indice de dominance est calculé. Un indice total de dominance est ensuite estimé en combinant (somme pondérée) les indices calculés séparément pour les scores quantitatifs et qualitatifs.

Pour l'analyse coût bénéfice, les conséquences de chaque alternative sont d'abord décomptées pour une année dite de base. Il est nécessaire de commencer par définir le taux d'actualisation, l'index des prix, les prix, les bénéfices négatifs (certaines conventions, comme aux Pays Bas demandent que les coûts qui génèrent des effets négatifs, comme la dégradation du paysage, soient listés comme des bénéfices négatifs plutôt que comme des coûts).

Trois critères de décisions sont proposés :

- La valeur présente nette (différence entre les bénéfices et les coûts actualisés) ;
- Le ratio coût bénéfice (ratio entre les bénéfices et les coûts actualisés) ;
- Le taux de rentabilité interne (taux d'actualisation qui résulte de l'égalité des bénéfices et des coûts actualisés).

4.3.2. Le projet COMCOAST

COMCOAST (COMBined functions in COASTal defence zones) est un projet européen qui développe et démontre des solutions innovantes pour la protection contre les inondations des zones littorales.

Les objectifs de ce projet sont :

- Développer des techniques innovantes de défense contre les inondations en prenant en compte les personnes concernées et l'environnement tout en garantissant un certain niveau de sécurité ;
- Améliorer et motiver l'engagement des acteurs avec une participation du public ;
- Appliquer la meilleure pratique multifonctionnelle de gestion des inondations sur des sites pilotes ;
- Partager la connaissance avec d'autres projets Interreg.

Le « work package » 2 traite de l'évaluation économique. Il a pour but de proposer des méthodes alternatives d'évaluation des projets potentiels et d'influencer les politiques, la planification et les acteurs en fournissant des méthodologies à la fois économiques et environnementales.

L'estimation des coûts totaux pour chaque inondation demande de considérer un ensemble d'éléments de coût incluant le capital travail, les coûts opérationnels et de maintenance (basés sur le design et les dépenses historiques éventuelles), le risque, les autres frais, l'ingénierie et la gestion (basés sur l'échelle et la nature du projet).

En général, le bénéfice obtenu par une option de gestion du risque d'inondation correspond à une réduction du risque. Il s'agit de prendre en compte la situation sans aménagement et celle avec aménagement. Le dommage annuel moyen est souvent utilisé.

Le territoire retenu couvre l'estuaire et la zone inondable de la zone d'influence de marée jusqu'à une crue de période de retour 300 ans. Le territoire est divisé en compartiments distincts appelé des « unités de gestion du risque d'inondation ». Ils sont définis selon des questions topographiques à l'aide d'un SIG. Les frontières de ces unités sont choisies selon leurs capacités attendues à limiter le flot des eaux d'inondations avec les unités voisines. La définition de ces unités ne prend pas en compte la distribution des enjeux.

La gestion de l'inondation est commune à l'ensemble des unités. Six options sont retenues :

- Option 1 : Ne rien faire, il s'agit du scénario de base qui permettra d'évaluer la pertinence des autres options ;
- Option 2 : Entretenir les moyens de protection déjà mis en place ;
- Option 3 : Soutenir les moyens de protection ;
- Option 4 : Améliorer les moyens de protection ;
- Option 5 : Cesser l'entretien pour les unités non viables économiquement ;
- Option 6 : Atteindre les objectifs de protection identifiés, cela inclut la mise en place d'une combinaison des options 2, 3, 4 et 5.

Les données d'enjeu pour les zones résidentielles, agricoles et industrielles et les campings ont été identifiées. Les adresses ont été fournies par l'Environment Agency, ces données incluent des informations sur la localisation, l'adresse de chaque propriété commerciale et industrielle (avec le type d'activité). Les données standard du FHRC concernant la présence ou non d'étages ont été utilisées.

Le dommage agricole a été appréhendé avec une nouvelle classification : bonne terre arable facile à travailler, bonne terre arable difficile à travailler, moyenne ou pauvre terre arable, bon pâturage, pâturage moyen, pauvre pâturage.

La localisation des campings a été obtenue grâce aux données d'adresse. Le nombre de caravanes et d'équipements a été fourni par les gérants des campings.

Une estimation des coûts du déplacement des sites contaminés a été déterminée. Les données sont issues des expériences passées. Il serait nécessaire d'obtenir des informations plus précises si l'option de déplacement est retenue.

Les coûts de dommage pour les propriétés sont estimés en utilisant les courbes de dommage pour les propriétés résidentielles, industrielles et commerciales du manuel Multi-coloured avec un ajustement grâce à l'indice des prix à la consommation. Pour refléter le fait que l'eau salée cause plus de dommages que l'eau douce, les courbes de dommage avec de longues durées de submersion (plus de 12 jours) sont utilisées. Cette information n'est pas disponible pour les propriétés industrielles et commerciales, les courbes de dommages dans le cas d'une durée de submersion de moins de 12 jours sont alors retenues. Le dommage agricole est calculé en multipliant la zone inondée par le taux de dommage agricole qui dépend de la fréquence d'occurrence. L'analyse des bénéfices agricoles associés à chaque option de défense donne des informations sur la perte totale de production, les coûts de rétablissement et de dépréciation du terrain agricole pour chaque évènement. Les données sont issues d'une étude²⁵, d'un retour d'expérience et d'une enquête de terrain (sur le type d'évènement, la durée de submersion, l'impact sur le système de drainage et les fossés, sur les terres arables et sur les pâturages, une description du travail de rétablissement et la période de retour à la normale).

Les courbes de dommages utilisées pour les campings sont tirées du manuel « Fair 90 », dont les données ont été multipliées par un facteur pour les exprimer en prix 2003.

Pour les services de secours, la méthode suivie est celle proposée par le Multi-Coloured.

Les perturbations de trafic ne sont pas incluses dans l'analyse du fait de la difficulté à les exprimer de façon monétaire.

Les coûts de réparation des brèches sont pris en compte. Ils sont basés sur des estimations liées à la spécificité de chaque site. Les coûts incluent la mobilisation des services de secours.

5. Le Suisse

5.1. Le contexte

L'alinéa 3 de l'Article 3 de la Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau précise que « Les mesures doivent être appréciées compte tenu de celles qui sont prises dans d'autres domaines, globalement et dans leur interaction ». D'après l'alinéa 1 de l'Article 1, « Dans les limites des crédits alloués, la Confédération accorde aux cantons à capacité financière moyenne ou faible des indemnités pour les mesures de protection contre les crues ».

En 2004, l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV) se voyait pour la première fois dans la situation de ne pas disposer d'assez de moyens pour subventionner dans l'immédiat les projets approuvés. Les prévisions des services cantonaux pour 2007 et les années suivantes dépassent les moyens actuels.

Avec une méthode standardisée, les projets sont classés en deux catégories et les moyens disponibles sont alloués en deux tranches :

²⁵ Nix « Farm Management Pocket Book », 2003.

- Projets de 1ère priorité: environ 3/4 des moyens (actuellement environ 28 millions d'euros par an) ;
- Projets de 2ème priorité: environ 1/4 des moyens (actuellement environ 8 millions d'euros par an).

L'analyse coût-bénéfice correspond à une partie obligatoire des projets proposés pour les demandes de subventionnement de la Confédération. L'évaluation de la réduction / diminution des risques est présentée comme un élément indispensable d'un projet de protection contre les dangers naturels.

Les études intègrent les étapes suivantes :

1. Détermination des scénarios (incluant les probabilités d'occurrence et les caractéristiques des crues (débit, vitesse...)) ;
 - Crue trentenale HQ30 ;
 - Crue centenale HQ100 ;
 - Crue tricentenale HQ300 ;
 - Évènement extrême EHQ ;
 - Crue millénaire HQ1000.
2. Évaluation des Dangers avec Modélisation (Hauteur d'eau, Vitesse, Direction) ;
 - Cartes d'inondation ;
 - Cartes d'intensité de l'aléa (faibles/moyennes/fortes).
 - Plan de zonage ;
 - Plan d'occupation du sol appelé plan d'affectation ;
 - Situation actuelle ;
 - Projets d'aménagement ;
3. Examen des dégâts potentiels ;
4. Comparaison des dégâts potentiels et de l'évaluation des dangers pour déterminer les risques actuels (nombre de morts, dégâts matériels, dégâts indirects, dégâts à l'environnement...) ;
5. Définition des mesures et de leurs coûts ;
6. Rapport coût-bénéfice : (Dégâts actuel –dégâts après les mesures) / coûts ;
7. Hiérarchisation des projets.

L'OFEV met à disposition un outil de calcul qui permet :

- Une détermination simplifiée du rapport bénéfice / coût pour des évènements avec une durée de retour de 100 ans ;
- La détermination du rapport bénéfice / coût selon une analyse de risques quantitative et la comparaison des coûts d'investissements annuels avec la réduction des risques.

5.2. La méthode

L'OFEV dispose d'un logiciel « EconoMe 1.0 » (dont une nouvelle version est en cours). Cette application a été conçue pour répondre aux questions suivantes :

- Jusqu'à quel point peut-on diminuer le risque (efficacité du projet)?

- Quel est le rapport entre la diminution du risque obtenue et les coûts occasionnés par la mesure appliquée (caractère économique ou « rentabilité » du projet)?

Deux autres questions sont posées aux autorités communales, cantonales et fédérales :

- Quels projets faut-il soutenir?
- Comment établir un ordre de priorité entre les projets à soutenir?

Il s'agit d'un programme de calcul en ligne (<http://www.economie.admin.ch/index.php>) pour déterminer le caractère économique des mesures de protection contre les dangers naturels:

- Calcul coûts, risques, utilité et rentabilité ;
- Evaluation statistique des résultats et comparaison des projets par les cantons et la Confédération ;
- Gestion des projets avec saisie et conservation des données centralisées.

EconoMe permet de comparer entre elles les mesures de protection grâce aux éléments suivants :

- Formules de calcul uniformes ;
- Calcul du risque rapide grâce à des valeurs de base fixes pour tous les objets ;
- Possibilité de remplacer les valeurs de base par les valeurs réelles en les explicitant ;
- Cartes d'intensité comme base d'évaluation ;
- Calcul de la rentabilité d'une mesure ;
- Evaluation statistique ;
- Saisie des bâtiments en unités de logement (nombre de boîtes aux lettres) ou saisie selon volume (francs / m³, données de la commission d'estimation GR).

Les bases nécessaires pour l'utilisation d'EconoMe sont les suivantes :

- Dommages potentiels dans le périmètre considéré (avec une visite des lieux) : saisie des dommages potentiels ;
- Plans synoptiques (plans de zones, plans d'affectation, etc.) ;
- Cartes d'intensité pour les scénarios déterminants ;
- Indications précises sur les mesures prévues.

L'étendue des dégâts est déterminée pour les bâtiments (maisons individuelles, immeubles...), les objets spéciaux (usines, décharges...), le trafic routier, le trafic ferroviaire, les remontées mécaniques, les conduites et l'agriculture, les espaces verts, la forêt.

Les événements provoquant des dégâts d'une ampleur particulièrement grande ne sont pas pris en compte.

Une série de conventions et de valeurs standard ont été introduites pour pouvoir comparer les calculs portant sur les risques, sur l'utilité des mesures de protection et sur leurs coûts. Cette démarche ne permet pas de restituer chaque cas concret de manière exacte, s'agissant de valeurs moyennes. Avant de fixer ces valeurs standard (valeurs de base), différentes recherches ont été effectuées et des projets parallèles en cours dans le cadre du plan d'action de PLANAT (voir encadré ci-dessous) ont été consultés.

Encadré 4 : PLANAT (source : www.cenat.ch)

Créée en 1997 par le Conseil fédéral, la plate-forme nationale «Dangers naturels» PLANAT s'engage, sur le plan stratégique, en faveur d'une amélioration de la prévention des dangers naturels pour l'ensemble de la Suisse. Le but de cette commission extra-parlementaire est de promouvoir le changement d'approche dans le domaine des dangers naturels en passant d'une pure défense contre le danger à une gestion du risque.

PLANAT est constituée de 20 membres spécialisés originaires de toutes les régions de Suisse et élus par le Conseil fédéral pour un mandat fixé à quatre ans. Les services spécialisés de la Confédération et des Cantons sont représentés dans cette commission, de même que la recherche, les associations professionnelles, l'économie et les assurances. La commission veille à éviter les doublons au niveau de la prévention et à mieux exploiter les synergies existantes. PLANAT est d'avis que la planification de la protection contre les dangers naturels ne doit désormais plus se limiter à protéger, dans le cadre des domaines de compétences sectoriels, quelques biens isolés contre certains types de danger. Un changement d'approche est donc exigé pour le passage d'une pure défense contre le danger à une gestion du risque.

Le 29 septembre 1999, l'ancien Conseiller aux Etats Hans Danoth (UR) a déposé une motion, qui requiert une stratégie globale et interdisciplinaire pour l'amélioration de la sécurité contre les dangers naturels dans les régions alpines. Dans sa réponse, le Conseil fédéral a élargi cette requête à la protection contre les dangers naturels dans toute la Suisse. Le 8 novembre 2002, le Conseiller fédéral Moritz Leuenberger, chef du DETEC, a mandaté la plate-forme nationale « Dangers naturels » (PLANAT) pour la mise en oeuvre de cette motion. Dans un premier temps, un groupe de travail de la PLANAT a élaboré un concept et finalement la stratégie « Sécurité contre les dangers naturels ».

Afin d'optimiser la sécurité contre les dangers naturels en Suisse, la stratégie prévoit sept mesures:

- Des objectifs de protection cohérents sont fixés pour les biens et les personnes ;
- Les domaines de prévention, intervention et remise en état sont considérés de manière équivalente dans le traitement des dangers naturels. A cet effet, il faut créer les conditions juridiques, organisationnelles, financières et personnelles nécessaires ;
- Le traitement juridique des risques résiduels est clarifié ;
- La nature est incluse dans la planification de la protection et une place lui est laissée partout où cela est possible ;
- Les bases nécessaires sont élaborées, les travaux de recherche permettant l'amélioration du traitement des dangers naturels sont entrepris, et l'éducation et la formation continue orientées vers la pratique sont renforcées ;
- La collaboration internationale dans le secteur des dangers naturels est renforcée ;
- Des études sur le risque potentiel, ainsi que l'effet et l'efficacité des mesures aussi bien que des moyens investis, sont effectuées périodiquement.

Le 20 août 2003, le Conseil fédéral a pris connaissance du rapport Sécurité contre les dangers naturels, vision et stratégie de PLANAT et a amorcé la deuxième étape de la Stratégie dangers naturels en Suisse. La stratégie élaborée par la PLANAT correspond à la politique suivie par le Conseil fédéral en matière de durabilité et aux principes de base d'une philosophie de sécurité uniforme ancrés dans la stratégie du DETEC.

PLANAT, dans une première étape, a élaboré jusqu'ici une stratégie et en réseau pour la sécurité des dangers naturels. Dans une deuxième étape, PLANAT a analysé la situation actuelle et a proposé un plan d'action avec des mesures qui seront transposées dans une troisième étape.

Si l'on veut atteindre les objectifs de la stratégie de PLANAT, à savoir

- Garantir un niveau de sécurité accepté en appliquant des critères uniformes;
- Réduire les risques existants et empêcher l'apparition de nouveaux risques
- Utiliser efficacement et rationnellement les moyens financiers à disposition pour réduire les risques dans une mesure optimale;

Il y a lieu de prendre des mesures dans les domaines essentiels suivants:

- Analyse des risques (que peut-il se passer?)
- Appréciation des risques (que peut-on accepter?)
- Planification intégrée des mesures (que doit-on faire?)
- Dialogue sur les risques (nécessaire pour prendre conscience des risques puis assumer ses responsabilités à leur égard)
- Contrôle de gestion stratégique (monitoring de l'évolution comprenant un calcul périodique des coûts, des risques et des dommages, pour servir de base à un rééchelonnement des priorités dans le futur).

Les points prioritaires du plan d'action concernant les étapes de 2005-2007 sont les suivants:

- Développement d'un concept de risque

Pour l'heure, les méthodes et outils permettant de travailler sur les risques liés aux dangers naturels sont à des stades de développement encore très divers. La notion de concept de risque sous-entend un modèle général d'appréhension des questions de sécurité. Techniquement au point, ce concept doit maintenant être davantage mis en oeuvre dans le domaine des dangers naturels. Sur la base de ce concept, la gestion intégrale des risques identifie les risques présentés par les dangers naturels, les évalue et les réduit en combinant de manière optimale des mesures de protection écologiquement supportables avec d'autres interventions aussi bien techniques, économiques que sociales. Un guide de mise en oeuvre et une offre en formation de base et continue doivent permettre d'en asseoir le volet pratique. Des études ponctuelles contribueront ensuite à développer ce concept de risque.

- Discussion sur les risques et compétences:

Il est nécessaire de lancer une vaste discussion pour pouvoir développer une culture de la prise de conscience des risques à laquelle tous les acteurs concernés puissent s'identifier. Il s'agit également de clarifier et d'améliorer les compétences ainsi que les structures et processus organisationnels liés à la gestion des dangers naturels. Enfin, il faut définir des compétences pour certains types de dangers pour lesquels rien n'avait été entrepris jusqu'ici (p. ex. températures extrêmes, tempêtes).

- Controlling:

Dorénavant, il s'agira d'enregistrer systématiquement et d'évaluer en permanence les risques liés aux dangers naturels ainsi que les moyens investis au titre des mesures de protection, de manière à en vérifier le rapport coût-efficacité.

Ainsi EconoMe propose une valeur par défaut pour tous les objets, sauf les objets spéciaux, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un premier calcul très rapidement et sans grand investissement. Lorsque l'utilisateur connaît la valeur exacte applicable à un objet, il est tenu de l'utiliser sans oublier de l'étayer.

Bâtiments : Si le bâtiment considéré est habité, il faut d'abord déterminer s'il s'agit d'une villa ou d'un logement collectif. Cette distinction est importante du fait que plusieurs valeurs de base existent pour cette catégorie de bâtiment (celle qui concerne les villas étant plus élevée que celle qui porte sur les logements collectifs). En outre, les habitations ne sont pas considérées comme un tout sous EconoMe, mais sont subdivisées en unités de logement. Une unité de logement correspond à un appartement. Concrètement, leur nombre peut être défini en comptant les boîtes aux lettres. Un prix à la pièce est aussi assigné aux garages. Les paramètres intervenant dans le calcul impliquent que la valeur de tous les autres types de bâtiments soit déterminée en passant par leur volume (en m³). Leur superficie est facile à lire sur le plan synoptique, si bien qu'il suffira le cas échéant d'estimer leur hauteur lors de la visite des lieux.

Objets spéciaux : Au vu de leur hétérogénéité, il n'a pas été possible d'assigner des valeurs de base à cette catégorie d'objets. Aussi faut-il toujours déterminer leur valeur sur place. On indiquera dans chaque cas la valeur de l'ensemble de l'objet, y compris son contenu. La tâche peut être simplifiée en le subdivisant en plusieurs sous-objets spéciaux, par exemple en distinguant les installations fixes (installations sanitaires, bâtiments administratifs, etc.) et les installations mobiles (occupation moyenne par des caravanes, des campeurs, etc.) d'un camping ou les installations électriques se trouvant dans un bâtiment (p. ex. salle des turbines) et/ou en plein air (p. ex. stations transformatrices).

Objets inhérents au trafic routier et ferroviaire : Pour les tronçons routiers et ferroviaires ainsi que les ponts, il y a lieu d'indiquer le nombre de mètres linéaires touchés par un événement donné selon un scénario défini. Ces chiffres peuvent également être déterminés à l'aide du plan synoptique. On fournira aussi la vitesse moyenne et le trafic journalier moyen (TJM) pour chaque tronçon de route. Le TJM est accessible auprès des offices cantonaux compétents (par exemple l'office des ponts et chaussées). L'occupation moyenne des véhicules peut également être précisée. Si aucune valeur applicable à la région n'est disponible, le chiffre fourni par l'Office fédéral de la statistique, de 1,59 personne par véhicule, est appliqué. En ce qui concerne le trafic ferroviaire, il faut établir l'occupation moyenne des trains, leur fréquence journalière moyenne, leur vitesse sur le tronçon considéré et la longueur moyenne des compositions.

Lignes et conduites : En ce qui concerne les lignes à haute tension, chaque pylône est considéré comme un objet. On indiquera le nombre de mètres linéaires pour toutes les autres lignes. Afin de lever les lignes et les conduites souterraines, on demandera à la commune concernée un plan pertinent couvrant le périmètre d'investigation.

Remontées mécaniques : Comme dans le cas des objets spéciaux, il n'est pas possible d'appliquer des valeurs de base en raison des grandes disparités entre les installations. Elles seront subdivisées en gares de remontées mécaniques (c'est-à-dire des bâtiments) et en tronçons entre celles-ci (objets de type remontée mécanique). Le prix sera indiqué par mètre

linéaire pour les téléskis et les funiculaires et par pylône pour les télésièges, les télécabines et les téléphériques.

Agriculture, forêt et espaces verts : Tous les objets de cette catégorie ne sont pas dotés d'une valeur de base. S'il n'en existe aucune, on introduira la valeur spécifique à l'objet traité (prix par are ; étayer la valeur retenue).

Lorsque tous les objets situés dans le périmètre d'investigation ont été saisis dans un tableau, ils peuvent être introduits dans EconoMe.

Le risque individuel de décès est ensuite calculé pour tous les objets hébergeant des personnes. Le glissement de terrain permanent fait l'objet d'un traitement particulier. Sa létalité est affectée d'une valeur nulle, si bien qu'aucun risque de décès individuel n'est calculé.

Concrètement, sur le logiciel Econome, le relevé des dommages potentiels se fait de la façon suivante :

- Saisir chaque objet du périmètre considéré ;
- Indiquer le nombre de personnes en moyenne par unité de logement ;
- Ne pas faire de distinction entre les différentes situations d'exposition (p. ex. embouteillage, occupation maximum pendant une courte période).

Estimation des dommages

A. Dommages aux objets fixes (bâtiments, objets particuliers)

Dommages aux personnes

$$Ap_{i,j} = (1 - r_{obj}).Np.SE_{VulObj}.I$$

avec

$Ap_{i,j}$ le dommage aux personnes lors d'un évènements (nombre de victimes) pour l'objet j, dans le scénario i.

r_{obj} facteur de protection de l'objet j, en fonction de l'intensité. Ce paramètre prend une valeur entre 0 et 1. La valeur 1 correspond à un objet protégé à 100%, qui ne devrait donc subir aucun dommage.

Np nombre moyen de personnes se trouvant à l'intérieur de l'objet

SE_{VulObj} vulnérabilité de l'objet, en fonction de l'intensité. Ce paramètre prend une valeur entre 0 et 1. La valeur 1 correspond à un objet détruit à 100%.

I létalité pour les personnes se trouvant à l'intérieur de l'objet, en fonction de l'intensité. Ce paramètre prend une valeur entre 0 et 1. L'affection de la valeur 1 indique qu'il faut s'attendre à ce que les personnes considérées soient mortellement touchées.

Dommages attendus aux personnes

$$Awp_{i,j} = p_{rA}(1 - r_{obj}).Np.SE_{VulObj}.I$$

avec

$Awp_{i,j}$ le dommage attendu aux personnes lors d'un évènements (nombre de victimes) pour l'objet j, dans le scénario i.

p_{rA} probabilité d'occurrence spatiale du processus à l'endroit considéré.

Dommages attendus aux biens

$$Awb_{i,j} = p_{rA} (1 - r_{obj}).V_{Obj}.SE_{VulObj}.l$$

avec

V_{Obj} valeur de l'objet

B. Dommages sur des routes

Dommages attendus aux personnes se trouvant sur une route

$$Awp_{i-route} = p_{rA} \frac{DTV \cdot g}{v \cdot 24000} \cdot SE_{proute} \cdot l \cdot b$$

avec

DTV trafic journalier moyen (véhicules par jour)

g longueur du tronçon menacé, dans chaque zone d'intensité

v vitesse moyenne des véhicules sur le tronçon menacé (km/h), application d'un facteur de conversion égal à 24 000 (m/jour).

b occupation moyenne des véhicules, égale à 1,6

SE_{proute} vulnérabilité de l'objet sur la route, en fonction de l'intensité. Pour des raisons méthodologiques, une valeur 1 est assignée à ce paramètre.

Dommages attendus aux biens fixes (objets linéaires, tels que routes, ponts, etc.)

$$Awp_{i-route} = p_{rA} \cdot SE_{route} \cdot SW_{route} \cdot g$$

avec

SW_{route} montant des dommages à la route, par mètre courant, défini comme étant la valeur de base.

C. Dommages sur des lignes ferroviaires

Probabilité d'occurrence d'un impact direct :

$$p_{DT} = p_{rA} \cdot \frac{Fz \cdot g}{v \cdot 24000} \cdot \frac{lz}{g} + 1$$

avec

Fz nombre de passages de train par jour (fréquence)

lz longueur moyenne des trains (m)

Dommages attendus aux personnes

$$Awp_{i-train} = p_{DT} \cdot SE \cdot l_{DT} \cdot b$$

avec

l_{DT} létalité pour les personnes lors d'un impact direct

b occupation du train sur le tronçon menacé, selon la situation d'exposition j

Dommages aux biens mobiles lors d'un impact direct

$$Awp_{i-tramobiles} = p_{DT} \cdot SE_{tramobiles} \cdot SW_{tramobiles}$$

Dommages aux biens fixes lors d'un impact direct (pour des objets ponctuels, tels que postes de couplage, câbles, etc.)

$$Awp_{i-trafixes} = p_{rA} \cdot SE_{trafixes} \cdot SW_{trafixes} \cdot g$$

D. Dommages aux lignes et aux conduites

Dommages attendus aux biens fixes (pour des objets linéaires, tels que lignes électriques, conduites d'eau, etc.)

$$Awp_{i-ligne} = p_{rA} \cdot SE_{ligne} \cdot SW_{ligne} \cdot g$$

E. Dommages à l'agriculture, à la forêt, aux espaces verts

Dommages attendus aux biens fixes (pour des objets surfaciques, tels que champs, forêts, etc.)

$$Awp_{i-ligne} = p_{rA} \cdot SE_{ObjSur} \cdot SW_{Agri} \cdot g$$

avec

SE_{ObjSur} vulnérabilité de l'objet surfacique, en fonction de l'intensité.

SW_{Agri} montant des dommages matériels à l'agriculture, pour des surfaces, dans le scénario i.

Estimation des coûts

$$C_j = C_b + C_u + C_r + \frac{I_0 - L_n}{n} + \left(\frac{I_0 + L_n}{2} \times \frac{p}{100} \right)$$

avec

C_j le coût annuel

C_b les frais d'exploitation annuels

C_u les frais d'entretiens annuels

C_r les frais de réparation annuels

I_0 les frais d'investissement

L_n la valeur résiduelle (positive ou négative)

n la durée

p le taux d'actualisation

Rapport coût-efficacité

Le calcul du rapport coût-efficacité permet de prioriser les projets.

$$N / K = \frac{R_v}{C_j} = \frac{R_{avant} - R_{après}}{C_j}$$

Avec

N / K le rapport utilité-coût de la mesure ou de la combinaison de mesures. Lorsque le rapport N / K est = 1, elle est jugée financièrement efficace.

R_v la réduction annuelle du risque (en francs suisse par an)

C_j le coût annuel de la mesure mise en place

Les résultats sont les suivants :

- Rapport < 1, de tels projets ne sont pas reconnus comme des projets de protection ;
- Rapport entre 1 et 2, de tels projets sont de 2^{ème} priorité ;
- Rapport entre 2 et 5, les effets sociologiques et environnementaux sont pris en compte pour la priorisation ;
- Rapport > 5, ces projets sont automatiquement de 1^{ère} priorité.

6. La Belgique

6.1. Le contexte

Il n'existe pas, en Belgique, de méthode standard d'approche économique pour évaluer la pertinence des mesures de prévention des inondations.

L'état belge a décidé de financer en partie un projet pour mettre en place une méthode permettant de choisir les mesures d'adaptation en vue du changement climatique. Ce projet, ADAPT, a débuté en 2006 et se terminera en 2010. Les deux premières années seront consacrées à l'état des lieux du changement climatique en Belgique. Les deux dernières années se focaliseront sur les mesures d'adaptation.

Des premières approches méthodologiques et/ou résultats sont disponibles sur le site, nous allons exposer dans les sections suivantes la partie économique du projet.

6.2. La méthode

L'objectif du projet ADAPT est de développer et de démontrer un outil de gestion efficace, c'est-à-dire une analyse coût bénéfice. Le projet consiste à développer une méthodologie commune basée sur la connaissance existante concernant le changement climatique et sur ses caractéristiques telles que ses intensités et sa probable progression dans le temps.

L'idée est de répondre à la question de l'allocation des ressources en utilisant un outil d'aide à la décision : l'analyse coût bénéfice et/ou l'analyse multi-critères.

L'approche prend en compte des impacts hydrologiques, économiques, sociaux, environnementaux et leurs interactions mutuelles.

Le projet comprend deux parties. La première est une synthèse sur les effets du changement climatique en Belgique alors que la seconde est dédiée au développement des pratiques méthodologiques pour amener vers des décisions maximisant le bien être.

Deux cas d'étude ont été choisis : la rivière Ourthe (basin de la Meuse) et la rivière Dender (basin du Scheldt).

Des scénarios d'adaptation seront identifiés sur ces deux bassins en fonction du risque d'inondation attendu et après une étude sur les causes des problèmes d'inondation. Chacun de ces scénarios doit être évalué en terme de coûts et de bénéfices. Seuls ceux qui sont attendus pour améliorer le bien être des acteurs seront mis en place.

Les bénéfices vont correspondre aux dommages évités. Pour tout scénario d'adaptation proposé, les systèmes économiques, sociaux et écologiques seront moins exposés au risque d'inondation. Les coûts de réalisation de ces scénarios sont, tout d'abord, des coûts financiers. Tous les coûts doivent être identifiés et pris en compte.

L'évaluation économique des impacts se fait en quatre étapes :

- Inventaire des enjeux en zone inondable (infrastructure, importantes activités socio-économiques) ;
- Détermination des différentes catégories de dommage à inclure dans l'analyse économique ;

- Développement des relations de coût pour les différentes catégories de dommage ;
- Evaluer en terme monétaire les impacts identifiés.

Deux méthodes sont utilisées pour l'évaluation économique des impacts :

- La méthode des prix des marchés : cette technique est basée sur les pertes de prix liées aux prix des marché ;
- La méthode des prix hédonistes : cette approche révèle quelle variation de prix peut être liée à une variation de la qualité de l'environnement.

6.2.1. L'inventaire des risques

L'inventaire comprend l'état des lieux des enjeux en zones inondables (habitations, entreprises, campings...). Ces enjeux sont ensuite analysés en terme de coûts des impacts et de leur vulnérabilité.

6.2.2. Evaluation des dommages (méthode des prix des marchés)

Cinq étapes sont identifiées :

- L'état des lieux des dommages : l'objet de cette étape est de rassembler un maximum d'informations des différents acteurs sur les biens publics et privés endommagés par la crue. En Belgique, une base de données « Disaster funds » donne déjà beaucoup de précisions, mais ces données ne sont pas individuelles, elles sont agrégées par rue pour l'ensemble de la commune pour des raisons de confidentialité. En parallèle, une base de données devrait être mise en place pour les biens caractéristiques de la commune concernée. Cette base permettra d'affiner les fonctions de dommage et de comparer les résultats avec la base « Disaster funds ». Le Service Public Fédéral des Finances fournit le cadastre pour l'ensemble de la commune, incluant la valeur monétaire pour chaque entité, la nature cadastrale ainsi que l'année de construction de chaque bâtiment. Cette base de données sera géoréférencée.
- Traitement des données : chaque dommage est caractérisé par la ville où il s'est produit, grâce à l'utilisation des cartes et plans de la zones d'étude et grâce aux informations fournies par les autorités locales. Ce traitement nécessite d'obtenir l'agrégation précise des dommages. La table « Disaster funds » sera utilisée.
- Analyse statistique : calcul de la moyennes, écart-type, variante, médiane...et tri des données selon différents critères.
- Analyse spatiale : il est important de savoir où les dommages se sont produits et d'obtenir une répartition spatiale de ceux-ci, même si cette analyse ne sera pas utilisée dans l'analyse coût-bénéfice.
- Fonction de dommage : la méthodologie pour valider les fonctions de dommages se fait en trois étapes : une revue de la littérature ; l'application d'un certain nombre de fonctions de dommage basées sur les modèles hydrodynamiques des derniers évènements de crue ; la comparaison des dommages estimés avec les données de la base « Disaster Fund ».

6.2.3. La méthode des prix hédonistes

Cette méthode permet d'évaluer l'influence des prix des maisons situées en zone inondable sur les prix du marché. Elle devrait aussi permettre d'estimer la valeur des biens si les mesures d'adaptation sont prévues pour ce bien. De nouvelles données sont alors nécessaires. Pour cela, un certain nombre d'individus et d'organismes doivent être contactés (agence immobilière, géomètre...). Les données issues des assurances peuvent aussi être utilisées mais sont souvent confidentielles.

6.3. Applications

Le projet ADATP applique la méthode présentée plus haut à la commune d'Esneux (bassin de l'Ourthe) et aux communes de Ninove et Geraardsbergen (bassin du Dender).

L'étude des dommages déjà subis par ces deux communes montrent que

- Pour la commune d'Esneux :
 - § Les dommages aux habitations sont les plus importants ;
 - § L'agriculture est plus ou moins touchée par les inondations ;
 - § Tous les villages de la commune ne sont pas touchés de la même manière par les inondations. Un des villages supporte 40 à 61% des dommages totaux.
 - § La distribution de l'inondation sur une rue et la récurrence du dommage sur ces rues permettent d'identifier des points sensibles ;
 - § Un autre lieu sensible est les campings qui sont généralement les premiers touchés par l'inondation ;
- Pour la commune de Ninove :
 - § Les dommages les plus importants sont subis par les entreprises ;
 - § Aucun dommage n'est enregistré pour l'agriculture ;
- Pour la commune de Geraardsbergen :
 - § La distribution des dommages entre les différentes catégories de biens est similaire à celle trouvée pour la commune d'Esneux ;
 - § La majorité des dommages est localisé dans la ville de Geraardsbergen ;
 - § Les dommages subis par l'agriculture sont relativement faibles ;
 - § Une importante variation des dommages est observée en fonction des différents évènements de crues.

Plusieurs fonctions de dommage peuvent être utilisées ou élaborées : des fonctions pour un bien, pour une zone homogène ou par rue (agrégation de fonctions individuelles).

L'expérience en Belgique montre que les dommages les plus importants sont subis par les habitations individuelles, les auteurs décident de se focaliser sur cet enjeu.

Après avoir testé plusieurs fonctions issues de la littérature, la fonction de l'ICPR du Rhin a été retenue : $D = 2H^2 + 2H$ (avec H la hauteur de submersion exprimée en mètre et D le dommage relatif exprimé en pourcentage de la valeur de la maison).

Avec le soutien de nos partenaires.



Conseil général de l'Hérault



Conseil général du Loiret



Conseil général des Pyrénées Orientales



EPTB Charente



Les Grands Lacs de Seine



Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire



Région Centre