

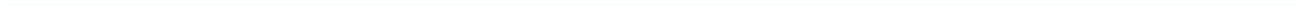
CPER 2007 – 2013
**Gérer durablement le Littoral - Etudes stratégiques et
prospectives sur l'évolution des risques littoraux**

MODULE 2 : STRATEGIES D'ADAPTATION

**ACTION 7 – ANALYSE COUTS/AVANTAGES DANS LES PROJETS D'AMENAGEMENT
DU LITTORAL**

**Phase 2 : Evaluation d'ACA employées pour des projets de réduction des
inondations par crues - Mise en évidence de points remarquables**





Opération soutenue par l'Etat

Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire

Opération soutenue par la Région Languedoc-Roussillon



Sommaire

TABLE DES FIGURES

TABLE DES TABLEAUX

GLOSSAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION - 1 -

1. ANALYSE DE DOCUMENTS REGLEMENTAIRES ET D'OUTILS D'APPUI A LA REALISATION D'UNE ACA POUR LA REDUCTION DES INONDATIONS PAR CRUES - 2 -

- 1.1 Annexes techniques sur la réalisation d'une analyse coûts avantages dans le cadre des PAPI de 2^{nde} génération..... - 2 -
 - 1.1.1 Contexte de rédaction du document..... - 2 -
 - 1.1.2 Description du phasage proposé pour une ACA et de ses éléments-clefs - 2 -
- 1.2 Outil d'optimisation des projets de prévention des risques d'inondation de la Mission Rhône - 8 -
 - 1.2.1 Contexte de réalisation de l'outil..... - 8 -
 - 1.2.2 Description de l'outil..... - 8 -
- 1.3 Outil d'estimation des dégâts potentiels lors d'inondations et de laves torrentielles, réalisé par l'Office Fédérale des Eaux et de la Géologie (Suisse) - 11 -
 - 1.3.1 Contexte de réalisation de l'outil de calcul - 11 -
 - 1.3.2 Description de l'outil..... - 11 -

2. ANALYSE DE PROJETS DE REDUCTION DES INONDATIONS AYANT EMPLOYE UNE ACA - 15 -

- 2.1 ACA spatialisée de protection contre les inondations de la basse vallée de l'Orb - 15 -
 - 2.1.1 Contexte de réalisation de l'étude - 15 -
 - 2.1.2 Méthode employée - 15 -
- 2.2 Emploi de la méthode d'évaluation contingente et de la méthode des prix hédoniques dans un projet - 18 -
 - 2.2.1 La méthode d'évaluation contingente..... - 18 -
 - 2.2.2 La méthode des prix hédoniques..... - 19 -

3. ELEMENTS REMARQUABLES DE CES DOCUMENTS..... - 20 -

- 3.1 Méthode des dommages évités - 20 -
- 3.2 Périmètre de l'étude - 21 -
 - 3.2.1 Difficile évaluation des impacts environnementaux..... - 21 -
 - 3.2.2 Difficile évaluation des autres coûts indirects et intangibles - 21 -



3.2.3	Choix de l'horizon temporel	- 22 -
3.2.4	Recherche de l'intégration du changement climatique.....	- 22 -
3.3	Points méthodologiques.....	- 23 -
3.3.1	Comparaison d'un seul scénario au scénario de référence	- 23 -
3.3.2	Modélisation hydraulique pour la caractérisation de l'aléa	- 23 -
3.3.3	Emploi de courbes de dommages	- 24 -
3.4	Validité et transparence de l'étude.....	- 24 -
3.4.1	Réalisation d'une analyse de sensibilité et d'une analyse d'incertitude	- 24 -
3.4.2	Formation d'un groupe de pilotage	- 25 -

CONCLUSION..... - 26 -

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES - 27 -

5. ANNEXES..... - 28 -



TABLE DES FIGURES

Figure 1: Phasage d'une Analyse Coûts/ Avantages selon le CEPRI (2010).....	- 3 -
Figure 2: Période de retour des crues étudiées et Dommage Moyen Annuel correspondant (CEPRI, 2010)-	5
-	
Figure 3: Représentations graphiques du Dommage Evité Moyen Annuel	- 6 -
Figure 4: Diagnostic territorial et économique du risque inondation (DREAL Rhône-Alpes, 2010).....	- 9 -
Figure 5: Exemple de comparaison des dommages occasionnés dans les scénarios avec et sans mesure par méthode OFEV	- 13 -
Figure 6: Croisement d'informations pour l'obtention du DMA (Erdlenbruch <i>et al.</i> , 2008).....	- 16 -
Figure 7: Différences induites par des DEMA identiques.....	- 17 -
Figure 8: Carte des impacts de la politique de prévention dans la vallée de l'Orb mesurés à l'aide des DEMA (Erdlenbruch <i>et al.</i> , 2008).....	- 18 -

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemple des prix unitaires pour l'estimation des dégâts potentiels par méthode OFEV	- 12 -
Tableau 2: Tableau de calcul de dommages par méthode OFEV	- 13 -
Tableau 3: Données employées pour l'étude de la basse Vallée de l'Orb (Erdlenbruch <i>et al.</i> , 2008).....	- 16 -
Tableau 4: Données utilisées pour la construction de la fonction de vulnérabilité (Erdlenbruch <i>et al.</i> , 2008)..	- 17 -
Tableau 5: Ensemble des dommages pouvant être induits par un aléa (Dogot, Lecrombs, 2010).....	- 21 -



GLOSSAIRE

Aménité : Agrément lié à la fréquentation d'un lieu et d'une façon plus large le plaisir gratuit offert par la vision, la contemplation de la nature (DREAL Rhône-Alpes).

Analyse coûts-avantages : Outil d'aide à la décision qui permet d'établir la valeur économique d'un projet pour l'ensemble de la société et de comparer entre elles plusieurs variantes ou options de ce projet. De cette façon, elle est parfois définie comme une analyse sociétale des coûts et des bénéfices.

Analyse de sensibilité : Phase dans laquelle les résultats de l'étude y sont jugés robustes si les conclusions de l'ACA ne sont pas significativement affectées par la variation des hypothèses de travail. Il y est ainsi évalué l'influence de la modification de certains coûts/avantages et du taux d'actualisation.

Avantage : Somme des satisfactions apportées par un programme ou une mesure publique à des individus, à des groupes d'individus, à la collectivité ou à des usagers extérieurs, considérés comme devant être les bénéficiaires de ce programme ou de cette mesure. Sur le plan économique, un avantage est défini pour un espace considéré comme toute création de ressources directes ou indirectes liée à l'implantation et au fonctionnement d'un projet.

Consentement à payer : Mesure de ce qu'un individu serait prêt à donner pour bénéficier d'un bien (ou des bienfaits d'un projet). Il s'agit d'une mesure monétaire de la variation de bien-être d'un individu qui serait nécessaire pour qu'il accepte le changement de situation associé à une décision publique (telle que la réalisation d'un projet), ou ce à quoi une personne serait prête à renoncer en termes d'autres opportunités de consommation.

Courbe de dommage : Fonction définie pour un enjeu, qui associe aux paramètres hydrologiques et/ou hydrauliques de l'inondation le montant des dommages en valeur absolue induits par l'inondation de l'enjeu. Les paramètres les plus fréquents sont la hauteur maximale de submersion, mais peuvent dépendre d'autres paramètres comme la saison d'occurrence, la durée de la submersion, la cinétique de l'inondation (d'après CEPRI, 2010). Exemple fictif pour une habitation : $\text{Dommage} = 200 H + 9\,500$ avec H la hauteur d'eau, donc si $H = 1\text{m}$, le dommage pour cette habitation est de 9 700 euros.

Courbe d'endommagement : Fonction équivalente à la courbe de dommage, sauf qu'elle exprime les dommages relativement à un indicateur de « bon » état de l'enjeu, qui peut être la valeur de l'enjeu (dommages directs) ou une évaluation de l'activité de l'enjeu (dommages indirects) (d'après CEPRI, 2010). Exemple fictif : courbe d'endommagement = $15\% \times$ valeur de la construction de la maison, ainsi si une habitation vaut 100 000 euros, le dommage est de 15 000 euros.

Coût : Dépense monétaire ou non monétaire nécessaire à la mise en œuvre de ressources diverses en vue de l'obtention d'un produit spécifique. Au niveau économique, toute disparition de ressources utilisées ou occasionnées par la réalisation ou l'exploitation du projet sera considérée comme un coût.

Coût-efficacité : Ce principe vise à réduire au minimum les coûts de la réalisation d'un objectif donné. Ce principe est un critère d'efficience qui correspond à un optimum « de second rang », auquel on recourt souvent quand une analyse complète des coûts-avantages n'est pas possible.

Coûts et avantages intangibles : Coûts et avantages n'ayant pas directement de valeur sur le marché. On peut y trouver la valeur d'une vue sur la mer.

Coût d'opportunité : Coûts qui se présentent lorsqu'une utilisation restreint les autres utilisations possibles d'une ressource limitée (l'affectation de terres à des infrastructures empêche par exemple un autre usage, tel que les loisirs). L'importance chiffrée d'un coût d'opportunité correspond à la valeur d'une ressource dans le cas de son utilisation possible la plus productive.



Coûts sociaux : La somme du total des coûts internes et externes.

Coûts unitaires : Coûts par unité de service ou de bien fourni.

Dommmages directs : Dommages correspondant à des dégâts matériels (destruction, endommagement) imputables à l'impact physique de l'aléa considéré.

Dommmages indirects : Conséquences sur les activités ou les échanges des dégâts matériels (perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks ou de l'outil de production).

Dommmages intangibles : Dommages à des personnes et des biens pour lesquels il n'existe pas de marché ad hoc, et donc difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances, comme par exemple le stress, les modifications du paysage, la pollution...

Dommmage Moyen Annuel : Le DMA prend en compte les dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. Il permet d'intégrer les poids relatifs de chaque dommage de crues en fonction de la période de retour.

Dommmage Evité Moyen Annuel : Valeur donnée par la différence entre le dommage moyen annuel sans mesure et le dommage moyen annuel avec mesure.

Efficiencie : Se rapporte à la répartition efficiente de ressources. À la marge, les ressources devraient être utilisées par l'individu qui est disposé à acquitter le montant le plus élevé à cette fin.

Equité : Critère qui est de nature à modifier la décision politique de façon à parvenir à une répartition particulière des revenus dans l'économie (subventions aux transports publics, aux groupes à faible revenu ou en faveur d'objectifs de développement régional, par exemple).

Evaluation : Processus d'estimation de la valeur économique d'une certaine quantité d'un bien ou service; cette valeur est généralement exprimée en termes monétaires.

Externalité (ou coût externe) : Coût économique qui n'est pas normalement pris en compte par les promoteurs du projet. D'un point de vue technique, cette externalité intervient lorsque des options d'aménagement n'ont pas pris en compte les effets induits sur les espaces littoraux voisins par exemple.

Horizon temporel : Il correspond à la durée sur laquelle sont considérés les flux de coûts et de bénéfices associés au projet. Il est parfois désigné par le terme "durée de vie du projet", mais ce terme est trompeur parce qu'il sous-entend que c'est la durée de la vie de l'aménagement qui doit être considéré, alors que l'horizon temporel dépend également de la fiabilité d'autres paramètres, comme l'occupation du sol (CEPRI, 2010).

Méthode de l'évaluation contingente : Technique d'évaluation où l'on demande directement aux gens quelle somme ils sont prêts à payer/accepter pour une amélioration/une dégradation de la qualité de l'environnement. Elle se fonde sur la méthode de la préférence déclarée.

Méthode des prix hédoniques : Technique d'évaluation qui calcule une valeur pour la qualité de l'environnement à partir de différences dans les loyers ou les prix des biens immobiliers.

Préférence déclarée : Technique d'évaluation où l'on obtient des estimations monétaires à partir des déclarations hypothétiques que font les individus au sujet de leurs préférences. On fait le plus souvent appel à un questionnaire (méthode de l'évaluation contingente, par exemple).

Taux d'actualisation : L'actualisation consiste à ramener sur une même base des flux financiers non directement comparables qui se produisent à des dates différentes. Ce taux est utilisé pour déprécier des flux futurs et déterminer leur valeur actualisée c'est à dire leur valeur à la date d'aujourd'hui. La valeur donnée au temps étant le fondement de l'actualisation, ce taux est toujours positif.



Taux de Rendement Interne Economique: Taux annulant la valeur actualisée nette.

Valeur actualisée nette : Indicateur économique permettant de comparer différents scénarios d'aménagement. Cet indicateur évalue la différence entre l'ensemble des avantages et l'ensemble des coûts pour la durée totale du projet, en employant le taux d'actualisation.

Valeur d'existence : Valeur économique que les gens attribuent à l'existence même d'une chose (sans qu'ils envisagent de la consommer) ; elle ne peut être estimée que par la méthode de l'évaluation contingente.

Valeur d'option : Valeur attribuée au fait de maintenir ouverte la possibilité de consommer un bien ou un service à un moment ou l'autre dans l'avenir.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACA : Analyse Coûts/Avantages

CAP : Consentement A Payer

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement (Suisse)

PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations

DMA : Dommage Moyen Annuel

DEMA : Dommage Evité Moyen Annuel

INTRODUCTION

L'Analyse Coûts/Avantages (ACA) est un outil d'aide à la décision qui permet d'établir la valeur économique d'un projet pour l'ensemble de la société et de comparer entre elles plusieurs options de ce projet. La première phase de cette action du CPER avait permis de mettre en évidence quelques points communs aux ACA employées dans des projets d'aménagement du littoral. Outil employé de façon plutôt récente dans les projets d'aménagement du littoral, son phasage y reste généralement le même entre les différents projets qui avaient été étudiés puisque la réalisation de cette méthode est relativement normée.

Les ACA employées dans les projets d'aménagement du littoral présentent cependant quelques particularités propres au milieu littoral et à ses aléas. Dans ce sens, étant donné les similitudes pouvant exister entre la gestion des aléas littoraux et celle des inondations par crue, il a semblé pertinent d'étudier des ACA qui avaient été employées dans des projets de réduction des inondations dues aux crues.

L'objectif est de voir comment, pour une thématique similaire, sont abordées les particularités liées à cet aléa, et s'il existe des outils et méthodes spécifiques.

Pour cette raison, il a semblé pertinent d'axer le travail de cette phase sur la mise en évidence de points remarquables aux ACA employées pour des projets de réduction des inondations dues à des crues. La première partie de ce travail présentera la méthode employée dans des documents réglementaires et outils d'appui à la réalisation d'ACA pour la réduction des inondations par crues. La seconde partie analysera plus précisément le phasage employé dans des projets concrets de réduction des inondations ayant fait appel à une ACA. Ces deux premières parties permettront de mettre en évidence dans une dernière partie une liste de points remarquables à ces outils et projets et de voir leur applicabilité aux ACA faites dans le cadre de projets d'aménagement du littoral.

1. ANALYSE DE DOCUMENTS REGLEMENTAIRES ET D'OUTILS D'APPUI A LA REALISATION D'UNE ACA POUR LA REDUCTION DES INONDATIONS PAR CRUES

1.1 ANNEXES TECHNIQUES SUR LA REALISATION D'UNE ANALYSE COÛTS AVANTAGES DANS LE CADRE DES PAPI DE 2^{NDE} GENERATION

1.1.1 Contexte de rédaction du document

Les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) sont des projets qui ont été lancés en 2002 par l'Etat, rassemblant ce dernier et les collectivités territoriales autour d'une politique cohérente de gestion des inondations (CEPRI, 2008). Cette politique avait pour objectif de :

- mettre en place un cadre structuré et cohérent pour une gestion intégrée des inondations;
- développer de nouvelles formes de prévention des inondations en intégrant des mesures de réduction de l'aléa et de la vulnérabilité, des mesures réglementaires et d'autres incitatives, en intervenant à différentes échelles du territoire.

Un premier constat des PAPI a été réalisé en 2009 et a permis au ministère du Développement durable de rénover le dispositif et de permettre ainsi d'assurer la transition avec la mise en œuvre de la directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation. Dans ce cadre, le nouveau dispositif d'élaboration, de sélection, de gouvernance, de portage, de pilotage et de suivi, des PAPI intègre de nouveaux points, notamment vis-à-vis de l'évaluation économique de la pertinence des mesures. Dans ce sens, les projets candidats à la labellisation PAPI devront nécessairement procéder à l'analyse des coûts du programme au regard de ses bénéfices attendus et fournir les résultats de cette analyse. L'analyse Coûts/Avantages, ou Coûts/Bénéfices, sera donc nécessaire aux nouveaux projets de prévention des inondations pour obtenir la labellisation PAPI de 2^{nde} génération.

Le cahier des charges sur les PAPI rédigé par le Ministère en 2011 disposait d'une annexe technique sur les analyses Coûts/Bénéfices. Dans le cadre de cette action du CPER, il semblait donc pertinent d'évaluer ce document, d'autant plus que ce nouvel appel à projet PAPI est élargi à l'ensemble des aléas provoquant des inondations, dont la submersion marine.

Il est important de souligner que ce rapport est présenté par ses auteurs comme un document de référence. Les éléments méthodologiques qui y sont proposés seraient les plus cohérents de la littérature et des pratiques existantes pouvant ainsi être recommandés à l'échelle nationale.

1.1.2 Description du phasage proposé pour une ACA et de ses éléments-clefs

Avant de présenter les étapes de la démarche ACA proposée dans ce document, quelques points de cadrage sont présentés.

Il est ainsi rappelé que l'objectif d'une ACA est de déterminer si une mesure d'aménagement est rentable. Or une mesure n'est rentable que si l'ensemble des bénéfices est supérieur à la totalité des coûts, étant entendu que les bénéfices correspondent aux dommages évités obtenus grâce à la mesure. La méthode employée est ainsi celle des dommages évités. La validité d'une mesure ne peut se faire que par comparaison avec la situation sans mesure. Seuls deux cas sont donc étudiés : avec ou sans mesure. Il n'est pas mentionné dans le rapport que plusieurs mesures techniques puissent être comparées par une ACA.

De plus il est indiqué que l'évaluation de ces mesures nécessite un modèle hydraulique présentant un panel de crues et simulant les effets des mesures. Ce point est assez intéressant puisqu'il n'était pas fait mention

de modélisation dans les projets d'aménagement du littoral analysés dans la phase I de cette action CPER. Il est aussi rappelé que l'on suppose qu'il n'y a pas d'évolution des enjeux sur le territoire au cours du temps.

Ce document précise enfin que pour les auteurs, la mise en œuvre d'une telle méthode nécessitera très certainement le recours à un bureau d'études spécialisé, montrant à quel point malgré les documents de cadrage existants, ce type d'analyse reste d'une accessibilité limitée.

Le rapport présente les sept étapes constitutives d'une Analyse Coûts/Avantages (cf.figure 1).

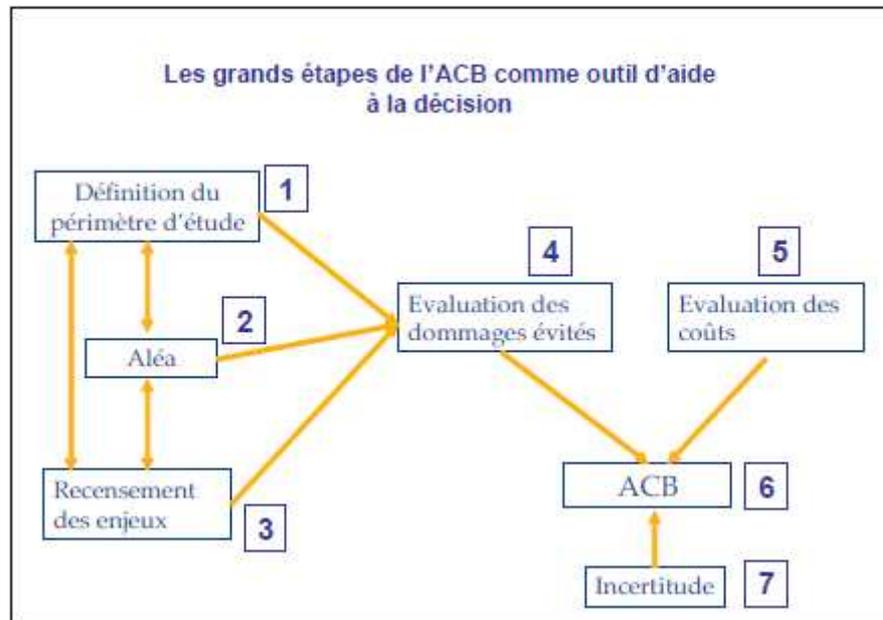


Figure 1: Phasage d'une Analyse Coûts/ Avantages selon le CEPRI (2010)

Etape 1 : Définition du périmètre d'étude

Cette première partie a pour objectif de présenter les différentes catégories d'enjeux examinés, les catégories de dommages évaluées et l'emprise géographique sur laquelle l'analyse est réalisée. Le dernier point est particulièrement important puisqu'il définit jusqu'où s'arrête l'impact d'une mesure lors d'un phénomène de crue sur un territoire. Ainsi il est recommandé de retenir le périmètre correspondant à l'aire concernée par l'emprise maximale de l'aléa pour les différentes crues considérées.

Concernant les enjeux, il est recommandé de prendre en compte à minima les dommages directs sur les catégories d'enjeux suivantes directement impactées par l'inondation :

- l'habitat ;
- les activités économiques (hors activité agricole) ;
- l'activité agricole ;
- les équipements publics.

Deux points sont à noter relativement à la définition de ces enjeux. D'une part les espaces naturels, l'environnement ne sont pas considérés comme des enjeux. D'autre part les dommages indirects et intangibles ne sont pas mentionnés et il est spécifié dans le rapport que les dommages indirects sont peu traités et les dommages intangibles sont le plus souvent écartés. Il est concédé par les auteurs qu'il est parfois difficile voire impossible de tout « monétariser ».

Il est aussi rappelé que l'ACA n'est à mener que pour les mesures structurelles du projet.

Etape 2 : Description de l'aléa

Pour la description de l'aléa, il est nécessaire de déterminer ses caractéristiques pour un panel de crues considérées. Pour cela, quatre scénarios de base doivent être analysés :

- Crue ou scénario d'événements engendrant les premiers dommages ;
- Crue ou scénario d'événements d'une probabilité inférieure aux précédents mais néanmoins fréquents, c'est-à-dire de période de retour inférieure à cent ans ;
- Crue ou scénario d'événements de probabilité moyenne c'est-à-dire de période de retour probable supérieure ou égale à cent ans. Il est proposé de retenir l'aléa de référence des PPR inondation ou littoral approuvés correspondant à la plus forte crue ou scénarios d'événements connus de période de retour supérieure ou égale à 100 ans.
- Crue de faible probabilité ou scénario d'événements extrêmes. Pour définir le dommage dû à cette crue, on multiplie par 1,5 les dommages générés dans le scénario précédent.

Pour obtenir les caractéristiques de ces scénarios, un modèle hydraulique est dans tous les cas indispensable. Seule la modélisation hydraulique permet de fournir les paramètres hydrauliques (hauteur, vitesse, durée de submersion) utiles à l'ACA. Ce point marque là aussi une différence avec les ACA employées dans l'aménagement de l'espace littoral puisqu'il peut être fait des estimations de l'érosion et de ses conséquences, mais plus difficilement pour les effets d'épisodes de submersion.

Quelques difficultés existent aussi néanmoins dans les modélisations des crues. Ainsi si la modélisation hydraulique en milieu naturel ou agricole est aisée, elle est beaucoup plus délicate (ou pour le moins nettement moins précise) en milieu urbain.

De la même façon certains paramètres hydrologiques ne sont toujours aussi facilement accessibles. L'incertitude sur la période de retour (ou la fréquence de survenue) d'un scénario hydrologique donné est majeure en particulier sur un cours d'eau ou pour un bassin versant peu instrumenté. Elle doit être évaluée en accompagnement de l'étude d'aléa.

Etape 3 : Recensement des enjeux

Il a été présenté dans la première étape quels étaient les enjeux considérés, à savoir l'habitat, les activités économiques hors activité agricole, l'activité agricole et les équipements publics. Pour chacune de ces catégories certaines informations sont nécessaires pour pouvoir, dans l'étape suivante, faire un calcul des dommages évités.

Pour l'habitat les informations nécessaires sont la présence ou non d'un sous-sol, ainsi que le déplacement ou non du mobilier. En plus de caractéristiques sur l'aléa (hauteur d'eau, vitesse de la crue) ces éléments sont nécessaires pour déterminer les dommages évités à partir des courbes de JP Torterotot, courbes qui ont été produites en 1993 dans le cadre d'un travail de thèse à partir de huit sites d'enquêtes (Saintes, Béziers, Sérignan, Macon, Lagny-sur-Marne, Esbly, Poitiers et Châtelleraut).

Concernant l'activité économique, hors activité agricole, le coût des dommages aux entreprises est obtenu en appliquant un ratio au montant total des dommages à l'habitat. En fonction de l'importance de l'industrialisation, l'impact sur l'enjeu activités économiques sera considéré comme égal, inférieur ou supérieur à celui de l'habitat.

Pour l'activité agricole, trois thématiques peuvent être analysées :

- Les cultures (c'est-à-dire vignes, vergers, culture d'hiver, culture de printemps/été, culture maraîchère) ;
- L'élevage ;
- Les sièges exploitation.

Pour les équipements publics, il est établi qu'après évaluation de la surface de bâtiments publics sous l'eau, il suffit de multiplier cette surface par 100 pour avoir pour l'étape suivante une estimation crédible des dommages à cet enjeu.

Etape 4 : Evaluation des bénéfiques, c'est-à-dire des dommages évités

Les bénéfiques évalués ici correspondent aux dommages évités obtenus par la mise en œuvre de la mesure. Ces dommages évités sont principalement des dommages directs tangibles. Ils pourront être comparés aux

coûts de mise en œuvre de la mesure. Ils seront évalués selon des caractéristiques de l'aléa. Ainsi seules les mesures ayant un impact sur l'aléa pourront être évaluées économiquement. Il s'agira principalement de mesures structurelles.

Hormis les dommages directs intangibles, il existe les dommages intangibles qui par définition sont difficilement monétarisables, et les dommages indirects qui sont la plupart du temps difficilement évaluables avec les méthodes disponibles. Il est important de souligner que ces dommages sont alors peu pris en compte de façon monétaire dans ce guide technique pour les PAPI.

A ce stade de l'ACA, il est possible de réaliser un calcul intermédiaire qui est celui du Dommage Moyen Annuel (DMA) (cf. figure 2). Le DMA a pour objectif de synthétiser les différents dommages obtenus selon le type de crues qui peuvent se produire. Il intègre pour chaque type de crue (de fréquence à très rare) les dommages qui lui sont associés. Ainsi, il prend en compte la situation pour laquelle l'ouvrage a été dimensionné mais également les situations où les crues seraient plus faibles et où les crues seraient plus importantes (avec donc, par exemple dans le cas d'une digue, surverse et dommages pour le territoire situé derrière cette digue). Le DMA peut s'interpréter alors comme un dommage moyen qui pourrait se produire chaque année en considérant une situation moyenne parmi les différents cas de figures possibles, de la crue fréquente à rare.

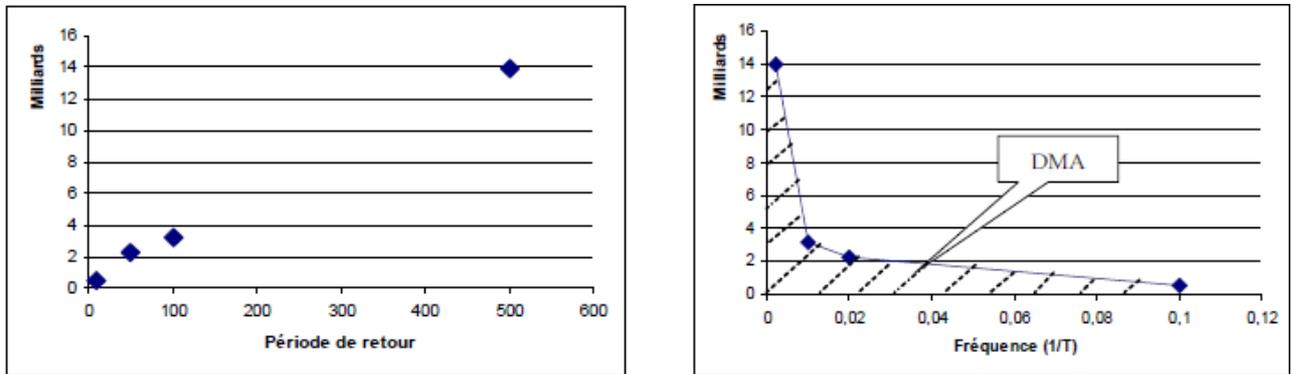


Figure 2: Période de retour des crues étudiées et Dommage Moyen Annuel correspondant (CEPRI, 2010)

$$DMA = \int_{f=0}^1 D(f)df$$

Avec $D(f)$ le dommage pour l'évènement de fréquence $f = 1/T$

Il correspond à la surface sous la courbe des dommages (comme le montre la figure 2), qu'il faut donc évaluer.

Dans le cadre de la comparaison des deux scénarios sans et avec mesure, il est possible ensuite d'obtenir le Dommage Evité Moyen Annuel (DEMA) qui est donné par la différence entre le dommage moyen annuel sans mesure et le dommage moyen annuel avec mesure (cf. figure 3) :

$$DEMA = \text{DMA (sans mesure)} - \text{DMA (avec mesure)}$$

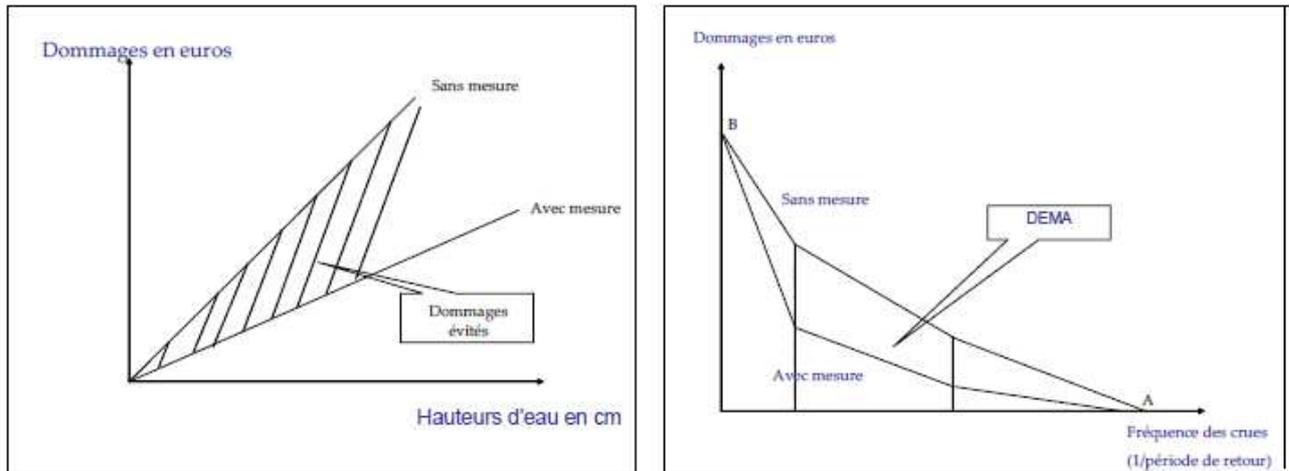


Figure 3: Représentations graphiques du Dommage Evité Moyen Annuel

Pour calculer ce DEMA, deux principales hypothèses peuvent être formulées :

- Entre deux niveaux de dommage, la courbe de dommage est supposée linéaire ;
- Pour obtenir le point A, il est nécessaire de définir la crue provoquant les premiers dommages (voir la partie aléa) ;
- Pour obtenir le point B, dans la situation « sans mesure », le dommage maximal est supposé égal à 1,5 fois les dommages générés par la plus forte crue modélisée. Ce facteur correctif peut être augmenté dans la situation « avec mesure » si l'on prend en compte un dysfonctionnement de la mesure (Erdlenbruch et al., 2007).

Etape 5 : Détermination des coûts liés au projet

L'ACA compare les bénéfices et les coûts d'une mesure. Ces coûts que l'on peut classer en deux catégories doivent donc être identifiés et quantifiés.

Il est nécessaire en premier lieu d'estimer les coûts initiaux. Ces coûts rassemblent l'ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public depuis l'origine du projet, jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement. Ils comprennent les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation), les coûts d'études, les coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôles, etc.), les coûts des travaux, les coûts d'équipement ;

On trouve ensuite les coûts qui s'étaleront au cours du temps. Ces coûts rassemblent l'ensemble des coûts différés de l'opération, c'est-à-dire toutes les dépenses effectuées après la mise en service du bâtiment / de l'équipement / du dispositif et qui incombent tant au propriétaire, qu'aux utilisateurs. Ils comprennent les coûts de maintenance (entretien courant, maintenance préventive, maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements), les coûts d'exploitation (consommation d'énergie et d'autres fluides, gestion des déchets, dépenses nécessaires au fonctionnement des activités hébergées dans le bâtiment), le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement, le coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation.

Etape 6 : Les résultats

L'évaluation des résultats est faite par la valeur obtenue pour la Valeur Actualisée Nette (VAN).

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r_i)^i} (DEMA - C_i)$$

avec

C_0 : le coût initial de la mesure (ici au temps $i=0$),

DEMA : les dommages évités moyens annuels,

C_i : les coûts de fonctionnement du projet (à l'année i), ces coûts peuvent varier dans le temps ou peuvent être constants.

n : l'horizon temporel de la mesure (voir commentaire plus bas).

r_i : le taux d'actualisation.

La mesure est pertinente économiquement si la VAN est positive. Le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements faits. Pour ce point le résultat d'ACA pour les PAPI de 2nde génération est identique aux méthodes employées pour les ACA dans des projets d'aménagement du littoral dans le rapport de phase I.

Etape 7 : L'analyse de sensibilité et de l'incertitude

Cette dernière étape permet de tester la robustesse des résultats de l'étude ACA par rapport aux approximations réalisées lors des différentes modélisations. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour obtenir un résultat de l'étude sous la forme d'un critère de décision. Ces hypothèses ont, pour certaines, permis de fixer des paramètres. Il est nécessaire de tester ces choix et ces paramètres par une analyse de sensibilité.

En faisant varier les valeurs des paramètres, si l'écart entre le résultat initial et le résultat après variation du paramètre est faible, cela signifie que ce paramètre est peu influent sur le modèle. Si cet écart est important et fait varier le résultat final de l'étude, une analyse plus précise de ce paramètre doit être effectuée et la valeur fixée de celui-ci doit être explicitée. Le document technique du CEPRI sur les analyses coûts/bénéfices précise certains paramètres devant être testés :

- Horizon temporel ;
- Relation période de retour / hauteur d'eau : tester l'impact sur le résultat de l'ACA d'une variation de la période de retour centennale causant une variation de la hauteur d'eau.
- Relation période de retour / durée de submersion : même test à faire que précédemment pour la durée de submersion ;
- Hauteur de plancher : tester les hypothèses prises sur la hauteur de plancher des enjeux ;
- Coût d'entretien : parfois fixé à 2% du coût d'investissement, cette hypothèse est-elle forte ou n'a-t-elle que peu d'importance ?
- Pourcentage d'occupation des rez-de-chaussée ;
- Proportion d'habitation avec sous-sol : faire varier le ratio déterminé ;

Il peut être réalisé une analyse d'incertitude pour tester la validité d'une ACA. L'analyse d'incertitude permet de prendre en compte les erreurs des paramètres déclarés influents lors de l'analyse de sensibilité. Cependant l'analyse de l'incertitude nécessite d'importants moyens et du fait de la difficulté technique de mener à bien une telle étude de façon rigoureuse elle est rarement réalisée.

Ce document clair et complet se présente comme un document de référence pour la réalisation d'une analyse coûts/avantages dans le cadre d'un PAPI. Or au sein même de ce document on peut trouver une liste des limites de cette technique, telle qu'elle est réalisée actuellement :

- Le manque de données qui ne permet pas de considérer tous les effets tangibles et intangibles d'une mesure 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 ;
- 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.

Ces points montrent le caractère encore perfectible de cette technique, ou plutôt ses limites en termes de qualité de l'analyse dues aux coûts et au travail supplémentaires pour obtenir des données particulières (coûts indirects et intangibles).

1.2 OUTIL D'OPTIMISATION DES PROJETS DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION DE LA MISSION RHONE

1.2.1 Contexte de réalisation de l'outil

Le programme opérationnel plurirégional FEDER Plan Rhône (POP FEDER) 2007-2013 est un projet de développement durable dont l'un des six volets vise à concilier la prévention des inondations et les pressions d'un développement urbain et des activités en zone inondable.

Parmi les critères d'appréciation et de sélection des projets d'aménagement susceptibles d'être éligibles à ce programme figure une analyse coûts/avantages des projets. Pour cela un outil d'analyse coûts/avantages a été développé dont l'utilisation est exigée dans le cadre de ce programme sur l'ensemble de la Vallée du Rhône.

Cette méthode est présentée au sein d'un dossier regroupant un document d'accompagnement, spécifiant la méthode ACA, des catalogues définissant selon les enjeux les coûts liés à leurs dommages potentiels, ainsi qu'une base de données SIG de 2006 référençant les enjeux présents dans la vallée du Rhône, dans son lit majeur.

Le document d'accompagnement précise que la méthode employée pour déterminer la rentabilité économique des projets est celle des dommages évités. Cette méthode serait particulièrement bien adaptée pour s'appliquer aux mesures structurelles, c'est-à-dire celles qui agissent sur l'aléa et pour lesquelles la modélisation hydraulique permet relativement aisément de quantifier les paramètres hydrauliques.

Néanmoins pour beaucoup de mesures non structurelles, dont les bénéfiques sont en grande partie sociaux, comme la réduction du risque de pertes humaines par exemple, la mobilisation d'autres méthodes économiques serait nécessaire, mais pour lesquelles l'exploitation des résultats qu'elles produisent est encore très peu répandue. Ainsi même si cette méthode est celle officiellement proposée et devant être employée, la DREAL Rhône-Alpes concède qu'elle ne permet pas de déterminer monétairement tous les effets potentiels de crues.

1.2.2 Description de l'outil

La méthode présentée dans le cadre de ce programme recouvre deux démarches indissociables. L'analyse économique doit débiter par le diagnostic territorial et économique du risque. Cette première démarche consiste à estimer les conséquences d'une submersion et notamment en termes monétaires compte tenu de certaines caractéristiques de ce territoire (cf.figure 4). A la suite de ce diagnostic est réalisée une analyse coûts/avantages visant à apprécier l'intérêt de mettre en œuvre un aménagement, et donc l'intérêt d'agir plutôt que de ne rien faire.

Même s'il s'agit d'une comparaison entre une situation sans mesure avec une situation avec mesure, il est rappelé dans ce document que l'ACA permet également de comparer les variantes d'un projet.

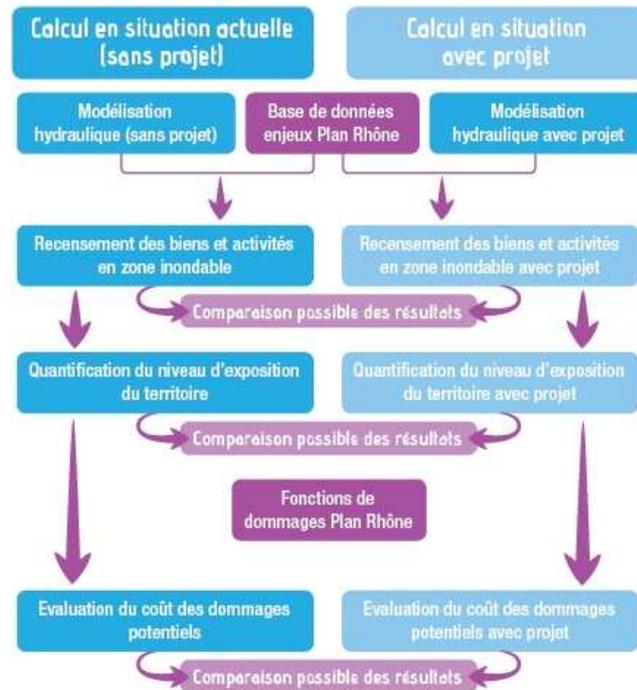


Figure 4: Diagnostic territorial et économique du risque inondation (DREAL Rhône-Alpes, 2010)

La première partie du diagnostic territorial et économique correspond à une étude hydrologique par modélisation de l'aléa permettant de fournir une estimation de la fréquence des débits de crue, nécessaires à l'étude hydraulique. Ces résultats sont en outre essentiels pour l'ACA puisqu'il y est évalué le dommage moyen annuel. Il est nécessaire pour obtenir ce résultat de connaître pour chaque importance de dégâts potentiels dus à une crue les périodes de retour correspondantes.

Cette première étape est suivie de la modélisation hydraulique dont l'objectif est de déterminer l'enveloppe des zones inondables et, a minima, les hauteurs de submersion. Il n'est pas possible de réaliser une estimation des dommages corrects avec comme seule connaissance de l'aléa une carte hydro-géomorphologique ou la représentation de la crue historique la plus forte connue.

Pour les hauteurs de submersion, le document précise qu'il est nécessaire de disposer d'au moins trois classes : hauteurs inférieures à 50 cm, hauteurs comprises entre 50 cm et 1 m, hauteurs supérieures à 1 m. D'autres paramètres pourraient être obtenus lors de cette étape mais ne sont pas nécessaires pour les principaux calculs de dommages. A part pour les dommages agricoles, il n'est pas nécessaire d'avoir d'estimations de la durée de submersion ni de la vitesse du courant.

Ces paramètres doivent être fournis pour différentes catégories de crues :

- Crue très fréquente, crue décennale
- Crue fréquente, crue trentennale ou cinquennale
- Crue moyenne, crue centennale
- Crue millénaire, faute de modélisation possible, on estime que le montant de ces dommages est égal à 1,5 fois les dommages de la crue centennale

A partir des données pour ces différentes crues, il est possible de faire une estimation du risque. La méthode la plus utilisée revient à estimer le coût des dommages potentiels pour ces différentes situations. L'intensité de l'inondation est décrite par la hauteur d'eau au droit de l'enjeu considéré (la maison, l'entreprise, la parcelle agricole, etc.). Les différents enjeux pour lesquels sont estimés des dommages sont classés en trois catégories : habitat, entreprises et agriculture. On remarque que pour cet outil aussi les enjeux environnementaux et sociaux ne sont pas considérés directement comme des enjeux directs pour lesquels les dommages peuvent être estimés.

Pour les trois catégories d'enjeux considérés, l'estimation des dommages dépend de différents facteurs :

- Pour les habitats en zone urbaine : surface en urbain dense, surfaces estimées en voirie et locaux d'activité, prix au m² dans le secteur, coefficient d'endommagement ;
- Pour les habitats de type pavillonnaire : nombre de pavillon, surface moyenne des pavillons, prix au m² dans le secteur, coefficient d'endommagement ;
- Pour les entreprises : type d'activité, nombre de salariés, hauteur de submersion, durée de submersion, temps d'intervention ;
- Pour les activités agricoles : type de production, période de survenance, hauteur de submersion, vitesse du courant, durée de submersion.

Le calcul de ces dommages, réalisé à partir de fonctions permet de comparer la situation actuelle à la situation avec projet. Ce sont des résultats qui seront employés par la suite pour l'ACA.

Le déroulement de l'ACA contient une série d'étapes dont certains aspects ont déjà été traités dans la phase du diagnostic territorial et économique du risque, notamment la nécessité de disposer :

- Des résultats d'une modélisation hydraulique ;
- De la connaissance des enjeux exposés ;
- Des fonctions de dommages adéquates ;
- Du coût total des dommages sur le territoire concerné en l'état actuel

Après une définition du projet à évaluer, avec notamment une description des éventuels effets négatifs du projet ne pouvant pas être monétarisés (certains impacts environnementaux et sociaux) une détermination des coûts liés au projet est faite. Plusieurs coûts sont considérés : coûts de construction de l'aménagement, coûts d'acquisition foncière, coûts liés aux études préalables, coûts de fonctionnement.

L'ACA inclue ensuite une partie de détermination du dommage moyen annualisé pour les deux scénarios, avec et sans mesure, pour pouvoir obtenir la valeur du dommage évité moyen annualisé. Les bénéfices du projet correspondent aux dommages évités par le projet. La méthode employée est la même que celle présentée dans le document du CEPRI pour les PAPI de 2^{nde} génération.

Ces résultats sont consolidés ensuite par le calcul de la Valeur Actualisée Nette et l'analyse de sensibilité.

Quelques points plus particuliers à cette méthode peuvent être soulignés. Il est ainsi fait référence à l'horizon temporel à retenir. L'horizon temporel correspond à la période au cours de laquelle les coûts et les bénéfices seront comptabilisés. Il ne se réfère pas forcément à la durée de vie des ouvrages. Dans le cadre du Plan Rhône, il est demandé aux maîtres d'ouvrage de retenir un horizon temporel de cinquante ans. En effet l'ACA étant réalisée avec l'hypothèse que l'occupation du sol de l'aire d'étude n'évolue pas, il convient de retenir un horizon temporel réaliste, c'est-à-dire au cours duquel il peut être fait l'hypothèse que les modifications de l'occupation du sol sont peu significatives. Au-delà de cinquante ans, cette hypothèse n'a plus guère de sens.

De même, un point important à souligner est le fait qu'il est mentionné la possibilité de prise en compte du changement climatique. Il est ainsi rappelé que le changement climatique a des impacts sur le niveau de la mer et sur la modification des fréquences des crues. De cette façon, si les données font l'objet d'un certain consensus, cette évolution peut être prise en compte pour la modélisation des tronçons de cours d'eau dans les zones basses proches du littoral.

Il est aussi précisé dans ce document que l'évaluation économique du risque inondation et des projets de protection-prévention doit être une démarche collective, qui s'inscrit dans le processus d'aide à la décision. Pour cette raison, il est donc vivement recommandé dans le document de constituer un groupe de pilotage qui rassemble notamment les représentants des acteurs locaux concernés par le risque inondation et les retombées des projets envisagés ainsi que les partenaires financiers. Ce groupe doit être étroitement associé à la conduite de l'étude, afin de s'approprier au mieux l'intérêt mais aussi les limites des résultats qui seront produits.

Ce document identifie aussi les limites pratiques de cette analyse économique. Il y a ainsi plusieurs éléments qui ne sont pas pris en compte monétairement. Ils sont définis comme des « externalités », pouvant être dans l'estimation monétaire des inconvénients (externalités négatives) ou bien des avantages (externalités positives). De même les impacts sur leur environnement sont souvent non négligeables. Or, ces impacts ne sont quasiment jamais intégrés dans les calculs d'opportunité économique, faute de savoir

correctement les exprimer en termes monétaires. Les effets négatifs peuvent correspondre également à des impacts sociaux, comme la perte d'aménité d'un tronçon de rivière par dégradation paysagère, impacts également difficiles à chiffrer.

En toute rigueur, l'analyse coût / bénéfice doit chercher à intégrer ces impacts négatifs en leur attribuant une valeur monétaire. Il faut donc les quantifier par des indicateurs physiques (effet sur la faune piscicole par exemple) puis économiques (réduction des retombées touristiques par exemple). Des méthodes encore peu répandues (prix hédoniques, évaluation contingente) doivent être encouragées.

On retrouve dans cet outil les mêmes limites que celles avancées pour les annexes techniques du PAPI de 2nde génération. La méthode des dommages évités, étant la même que dans le document précédent, les remarques peuvent être communes.

On peut cependant souligner les remarques pertinentes faites pour l'importance de la prise en compte du changement climatique dans les ACA, la constitution d'un groupe de pilotage pouvant discuter de la conduite de l'étude, et enfin les solutions proposées pour la prise en compte des impacts non considérées dans la méthode classique.

1.3 OUTIL D'ESTIMATION DES DEGATS POTENTIELS LORS D'INONDATIONS ET DE LAVES TORRENTIELLES, REALISE PAR L'OFFICE FEDERALE DES EAUX ET DE LA GEOLOGIE (SUISSE)

1.3.1 Contexte de réalisation de l'outil de calcul

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) est le service fédéral suisse compétent en matière de questions environnementales. Il est à ce titre chargé de gérer les ressources naturelles selon les principes du développement durable et de protéger l'homme contre les dangers naturels, et l'environnement contre les pollutions (Confédération suisse, 2010). Dans ce cadre, l'un des objectifs de l'OFEV est ainsi de protéger l'homme et les biens contre les risques hydrologiques ou géologiques, et notamment contre les crues.

Ainsi, l'OFEV assure le suivi des projets de protection contre les crues au niveau fédéral et octroie des indemnités pour les mesures qui en résultent (OFEV, 2007). Or, du fait de restrictions budgétaires, les aspects économiques prennent une place de plus en plus importante dans la planification. Pour cette raison, la réalisation d'une analyse coûts/avantages fait obligatoirement partie des projets présentés pour des demandes de subventionnement. C'est pour cette raison que l'OFEV a développé un outil d'appui à la réalisation d'une ACA. Cet outil est une feuille de calcul utilisable depuis un tableur classique (Microsoft Excel...) permettant d'estimer la valeur monétaire des dommages évités par la mesure d'aménagement proposée dans chacun des projets.

1.3.2 Description de l'outil

Cet outil est utilisé en Suisse depuis 2005, il permet de modéliser les dégâts probables liés à des crues ou à des laves torrentielles. Comme pour les deux documents/outils présentés dans les parties précédentes, il est basé sur des scénarios liés à des durées d'occurrence des crues. L'examen des dangers potentiels, et donc des dommages probables, est fait en se basant au minimum sur deux scénarios principaux liés à différentes périodes de retour : un événement de crue centennale (HQ100) et un événement extrême (EHQ) correspondant à un événement plus important que celui qui est utilisé dans le dimensionnement.

Pour chacun de ces événements, des cartes d'intensité servent de base pour les calculs. Ces cartes ne sont pas obtenues par l'outil proposé mais par la modélisation des crues choisies. Les cartes définissent ainsi l'étendue d'un territoire inondable, la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement pour un scénario donné. L'échelle se compose de trois niveaux : intensité faible, moyenne et forte.

Pour chaque scénario, l'estimation financière des dégâts provient d'une table représentant le montant spécifique des dégâts pour différentes catégories d'enjeux qui sont utilisés comme prix unitaires. Différents types d'enjeux sont définis (cf. tableau 1) :

- enjeux en agglomération
- enjeux en zones de loisir
- enjeux en zone agricole ou forestière
- enjeux sur les infrastructures de transport, conduites, ponts et poteaux

Prix unitaires pour l'estimation des dégâts potentiels							Menus
Type	Inondations			Lave torrentielle			
Agglomération (en Fr./are)	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	
Batiments général	21 000.-	147 500.-	257 000.-	3 750.-	105 000.-	425 000.-	
Centres ville	65 000.-	312 500.-	437 500.-	5 000.-	175 000.-	625 000.-	
Région rurales	25 000.-	100 000.-	200 000.-	3 000.-	150 000.-	350 000.-	
Centres régionaux	50 000.-	300 000.-	400 000.-	4 000.-	180 000.-	600 000.-	
Agglomérations urbaines	70 000.-	350 000.-	500 000.-	5 500.-	200 000.-	700 000.-	
Grandes villes	100 000.-	450 000.-	600 000.-	10 000.-	300 000.-	850 000.-	
Maisons individuelles ou jumelées	16 000.-	95 000.-	182 000.-	2 500.-	80 000.-	300 000.-	
Maisons locatives	19 000.-	105 000.-	173 000.-	5 000.-	95 000.-	325 000.-	
Bâtiments commerciaux	55 000.-	250 000.-	350 000.-	10 000.-	275 000.-	550 000.-	
Bâtiments industriels	67 000.-	350 000.-	467 000.-	12 000.-	333 000.-	650 000.-	
Etables	11 000.-	52 500.-	98 000.-	1 250.-	95 000.-	200 000.-	
Hangars	2 000.-	20 500.-	32 500.-	1 500.-	85 000.-	150 000.-	
Zones de loisir (in Fr./are)	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	
Camping/installations de loisir	250.-	500.-	1 000.-	2 000.-	4 000.-	7 000.-	
Parking	10.-	800.-	2 000.-	1 500.-	3 000.-	6 000.-	
Espaces verts/parcs	500.-	1 000.-	1 500.-	1 750.-	3 500.-	6 500.-	
Agriculture/ forêt (en Fr./are)	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	
Economie agricole en général	3.-	763.-	1 513.-	1 513.-	3 025.-	6 025.-	
Cultures	40.-	830.-	1 580.-	1 580.-	3 080.-	6 080.-	
Cultures maraîchères	500.-	1 500.-	3 000.-	2 000.-	3 500.-	7 000.-	
Vignoble	80.-	1 000.-	2 000.-	2 000.-	4 000.-	8 000.-	
Prairies	3.-	763.-	1 513.-	1 513.-	3 025.-	6 025.-	
Pâturages	0.-	758.-	1 508.-	1 500.-	3 015.-	6 015.-	
Forêts protectrices	0.-	0.-	0.-	1 537.-	3 185.-	6 370.-	
Forêts d'exploitation	0.-	0.-	0.-	1 537.-	3 185.-	6 370.-	
Infrastr. de transport (en Fr./m²)	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	Faible intensité	Intensité moyenne	Forte intensité	
Infrastructures de transport général	0.-	75.-	150.-	160.-	320.-	620.-	
Autoroutes	0.-	188.-	375.-	875.-	1 750.-	250.-	
Routes cantonales	0.-	90.-	180.-	280.-	560.-	920.-	
Routes communales	0.-	60.-	120.-	130.-	260.-	500.-	
Chemins routes forestières ou d'alpa	0.-	23.-	45.-	48.-	95.-	185.-	
Chemins de fer doubles rails	0.-	75.-	150.-	650.-	1 300.-	1 600.-	
Chemins de fer simples rails	0.-	38.-	75.-	325.-	650.-	800.-	
Téléphériques	0.-	0.-	0.-	500.-	1 000.-	1 000.-	

Tableau 1: Exemple des prix unitaires pour l'estimation des dégâts potentiels par méthode OFEV

Les montants employés sont basés sur les valeurs indiquées dans un document élaboré par l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et des Paysages. On remarque que cet outil ne définit pas non plus d'enjeux environnementaux. Il est précisé dans un document que l'OFEV devait définir parallèlement des méthodes pour standardiser l'évaluation des gains environnementaux et sociaux dans ce type d'analyse, mais il n'a pas été possible de trouver ce type de travaux.

A partir des cartes d'intensité créées, il est possible de renseigner dans des tableaux les surfaces ou le nombre d'entités de chaque catégorie d'enjeux qui se situent dans les différentes catégories d'intensité. L'outil calcule ensuite directement les dommages correspondants (cf. tableau 2).

Agglomération : Surfaces d'habitation, commerciales et industrielles (en Fr./are)

		Introduire les chiffres									Résultats			
Type	Description	Faible intensité			Intensité moyenne			Forte intensité			Valeur faible intensité	Valeur intensité moyenne	Valeur forte intensité	
		Surface totale en are	% actuellement construit	Coefficient d'occupation du sol	Surface totale en are	% actuellement construit	Coefficient d'occupation du sol	Surface totale en are	% actuellement construit	Coefficient d'occupation du sol				
Batiments général		128	48%	0,38	110	18%	0,38	160	48%	2,38	338 400.-	2 562 000.-	5 078 400.-	100 %
Centres ville														
	Région rurales													
	Centres régionaux													
	Agglomérations urbaines													
	Grandes villes													
	Maisons individuelles ou jumelées													
	Maisons locatives													
	Bâtiments commerciaux													
	Bâtiments industriels													
	Etables													
	Magasins													
		128			110			160			338 400.-	2 562 000.-	5 078 400.-	100 %
		28%			33%			38%			4 %	32 %	64 %	
Surface totale d'agglomération touchée								428,00						

Zones de loisir (en Fr./are)

		Introduire les chiffres			Résultats			
Type	Description	Surfaces faible intensité	Surfaces intensité moyenne	Surfaces forte intensité	Valeur faible intensité	Valeur intensité moyenne	Valeur forte intensité	
Camping/Installations de loisir		4	5	6	1 000.-	2 500.-	6 000.-	100 %
Parking								
Espaces verts/parc		4	5	6	1 000.-	2 500.-	6 000.-	100 %

Tableau 2: Tableau de calcul de dommages par méthode OFEV

Ce type de tableau doit être rempli pour les deux scénarios : avec et sans mesure. Une modélisation est faite pour les deux scénarios, permettant de réaliser deux cartes d'intensité différentes, et donc de définir le nombre d'enjeux concernés par chacune des catégories d'intensité pour chacun des deux scénarios. Ce travail permet ainsi d'avoir un tableau comparatif des dommages occasionnés avec et sans mesure pour les différentes crues considérées (cf.figure 5).

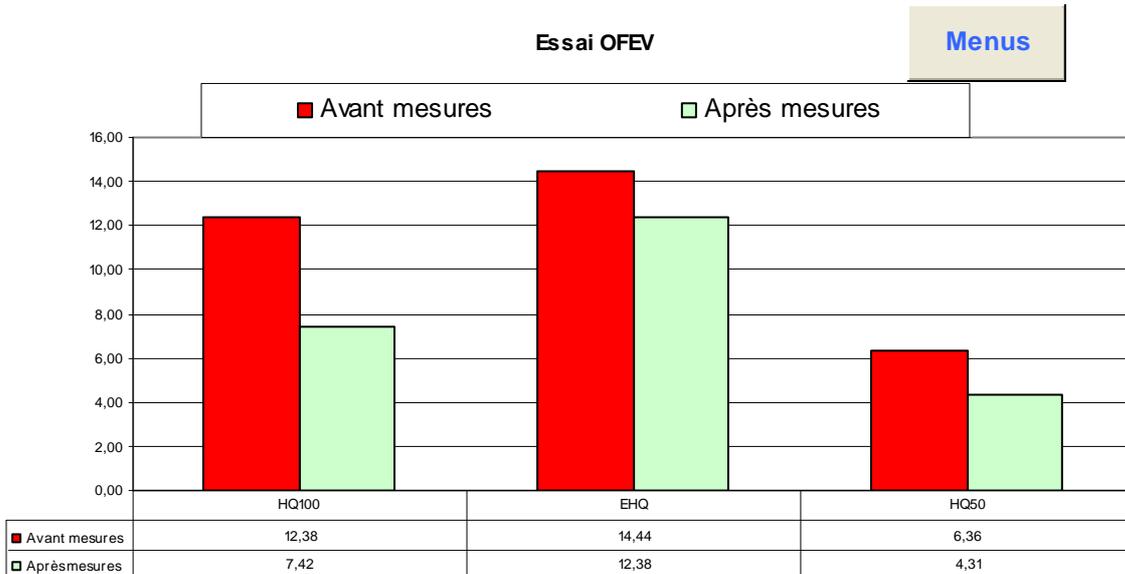


Figure 5: Exemple de comparaison des dommages occasionnés dans les scénarios avec et sans mesure par méthode OFEV

HQ 100 est la crue de période de retour centennale, EHQ pour la crue exceptionnelle et HQ 50 la crue de période cinquantennale

Connaissant les périodes de retour de ces crues et l'estimation de la valeur des dommages occasionnés, on peut ainsi calculer les DMA pour chacun des scénarios, et en déduire ainsi le DEMA. La phase suivante permet par la suite de calculer classiquement l'ensemble des coûts nécessaires à la mise en place de la mesure étudiée, coûts initiaux et coûts dans la durée. L'OFEV utiliserait alors le rapport DEMA/Coûts pour comparer les différents projets d'investissements et déterminer les plus rentables.

$$\frac{DEMA}{Coûts} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{DEMA}{(1+r_i)^i}}{C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r_i)^i}}$$

avec n l'horizon temporel

La mesure n'est pertinente économiquement que si le rapport est supérieur à 1, autrement cela signifie que la mise en place de la mesure coûte plus d'argent que la valeur des dommages évités par la mesure. Ensuite plus le rapport est élevé et plus le projet est rentable.

Cette technique est intéressante car elle permet de déterminer assez facilement la pertinence économique d'une mesure de réduction des inondations. Le modèle étant pré-programmé, des personnes moins qualifiées en économie peuvent aussi l'employer.

On peut cependant remarquer que les valeurs de dommages sont fixées et ne peuvent être donc modifiées. Il aurait été intéressant de pouvoir les adapter en fonction des différentes caractéristiques locales. De même le modèle présenté ne fait pas d'estimation des dommages intangibles.

2. ANALYSE DE PROJETS DE REDUCTION DES INONDATIONS AYANT EMPLOYE UNE ACA

2.1 ACA SPATIALISEE DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DE LA BASSE VALLEE DE L'ORB

2.1.1 Contexte de réalisation de l'étude

Cette étude réalisée par des chercheurs du Cemagref de Montpellier et par le bureau d'étude EGIS Eau-BCEOM a été sollicitée par le Conseil Général de l'Hérault en 2006. Elle avait pour but de développer une méthode de travail reproductible sur d'autres secteurs de son territoire. Le Conseil Général s'intéressait à l'analyse coûts/avantages à plusieurs titres, en tant que maître d'ouvrage et financeur : « *pour avoir une meilleure appréciation du niveau de pertinence économique d'un projet, pour prioriser des investissements sur un territoire, pour optimiser le dimensionnement des travaux, pour évaluer des mesures compensatoires au droit d'enjeux négativement impactés par l'aménagement* » (Erdlenbruch et al., 2008).

L'intérêt des financeurs publics en France pour cette méthode était faible avant 2006 alors que l'analyse coûts/avantages pouvait guider les choix en matière de politiques publiques de prévention des inondations. Plus précisément, il est rappelé dans cette étude que l'ACA peut permettre d'une part de juger de la pertinence d'un projet, par la VAN, mais qu'elle peut également générer un indicateur économique de l'exposition au risque d'un territoire par l'intermédiaire du DMA.

En outre ce type d'étude peut permettre d'avoir des informations plus détaillées sur la bonne utilisation d'un financement. En effet, l'indicateur synthétique de l'ACA est construit pour apporter une réponse à des questions pratiques comme vaut-il mieux se protéger contre une crue centennale ou décennale ? Est-il plus intéressant de financer un projet d'aménagement ou d'améliorer la gestion de crise ?

Cette étude succincte a été réalisée sur le bassin versant de l'Orb, soumis au régime torrentiel méditerranéen et subissant des crues fréquentes. A l'époque, quinze mille personnes étaient régulièrement exposées aux débordements de l'Orb et de ses principaux affluents. Le terrain d'étude, portant sur une surface de 5 600 ha, était composé des six communes en aval du bassin versant, à partir de Béziers jusqu'à la mer : Béziers, Villeneuve-lès-Béziers, Sauvian, Sérignan, Portiragnes et Valras-Plage.

2.1.2 Méthode employée

Comme dans les outils et documents analysés dans la partie précédente, cette étude s'est appuyée sur la méthode des dommages évités. Cette méthode a été employée en raison du double objectif d'estimer l'exposition du territoire aux inondations et la pertinence d'un projet de prévention. Il était rappelé cependant que d'autres méthodes d'évaluation des bénéfices ont probablement plus de potentiel pour prendre en compte des impacts sur la vie humaine, les pertes affectives ou les dommages environnementaux. Cependant elles sont beaucoup moins propices à l'estimation de l'exposition d'un territoire aux inondations et peuvent même nécessiter cette estimation comme préalable d'analyse.

La méthodologie employée a donc été similaire à celle présentée dans la partie précédente, permettant par modélisation de l'aléa, connaissance de l'occupation du sol et caractérisation de la vulnérabilité, de déterminer les DMA pour les différents scénarios (cf. figure 6). Dans ce cas aussi l'horizon temporel choisi a été de 50 ans, n'étant pas certain que l'occupation du sol n'évolue pas trop fortement au-delà.

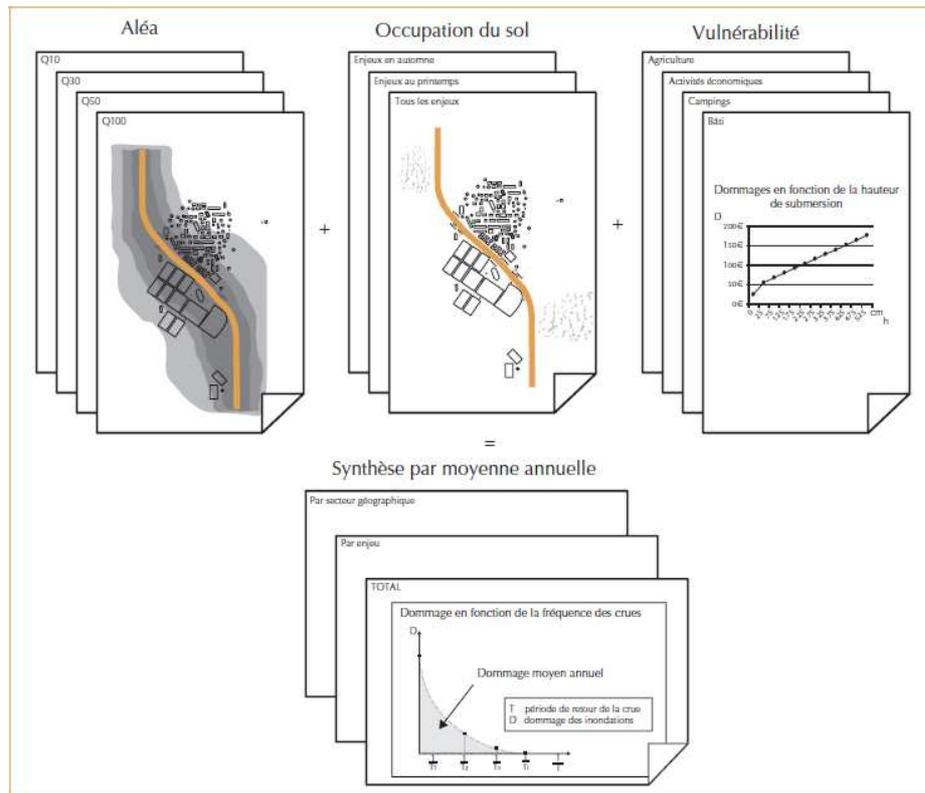


Figure 6: Croisement d'informations pour l'obtention du DMA (Erdlenbruch et al., 2008)

La méthode employée étant la même, il n'en reste pas moins pertinent d'étudier quels ont été les moyens utilisés pour obtenir les résultats économiques.

Ainsi les zones d'expansion de crues ont été générées à l'aide du modèle à casier pour quatre différents types de crue : décennale, trentennale, cinquantennale et centennale. Le modèle fournissait une enveloppe des crues et permettait de simuler la hauteur de submersion (cf. tableau 3). Des classes de hauteurs d'eau avaient été constituées, avec un pas de 50 cm. Dans cette modélisation, malgré la frange littorale du secteur étudié, il ne semble pas que l'influence des épisodes météo-marins ait été considérée.

Données	Aléa	Occupation du sol	Vulnérabilité
Format final	Modèle à casier	Ensemble de cartes	Modèle de dommages
Type de données	Résultats de simulations par période de retour : – hauteur d'eau, – zones d'expansion de crues.	SIG : – localisation des enjeux, – type d'enjeux, – taille des enjeux.	Résultats de simulations par période de retour, par enjeux, par saison : – dommages matériels, – dommages indirects.
Support de données	Casiers géoréférencés	– Corine Land Cover, – fonds cadastral, – orthophotos.	Courbe de dommages par type d'enjeux

Tableau 3: Données employées pour l'étude de la basse Vallée de l'Orb (Erdlenbruch et al., 2008)

Ce tableau permet aussi d'identifier les éléments qui ont servi à la définition des enjeux. On y voit par exemple que certains dommages indirects ont été intégrés. Ceci a été fait notamment pour les enjeux de type activités économiques, pour lesquels les dommages directs obtenus ont été multipliés par un facteur 1,55 et pour l'enjeu campings, pour lequel les calculs des dommages intégraient les pertes d'exploitation.

Le tableau 4 permet justement de voir pour les différentes catégories d'enjeux étudiées, quels ont été les éléments pris en compte. Il est intéressant d'y voir pour chaque catégorie d'enjeu quels indicateurs sont employés pour définir leur vulnérabilité. Les modélisations permettant difficilement d'estimer les durées et la vitesse des eaux en zone bâtie, c'est pour cette raison que ces indicateurs ne sont pas toujours employés.

Vulnérabilité	Bâti	Cultures	Activités	Camping	Routes
Facteurs explicatifs :					
- hauteur d'eau,	X	X	X	X	X
- durée de submersion,		X		X	X
- vitesse des eaux,		X		X	
- saisonnalité.					
Impacts pris en compte :					
- dégâts à la structure,	X	X	X	X	X
- pertes d'exploitation.			X	X	
Forme du support spatial :					
- surfacique,	X	X	X	X	X
- ponctuel,			X		
- linéaire.					

Tableau 4: Données utilisées pour la construction de la fonction de vulnérabilité (Erdlenbruch et al., 2008)

Suite aux calculs des différents indicateurs économiques classiques, cette étude présente l'intérêt d'une représentation des résultats mettant en évidence plus d'informations. Ainsi, il est montré par l'intermédiaire d'un graphique en fonction des différents scénarios analysés pour quels types d'enjeu les dommages seront les plus importants et pour lesquels ils seront les plus faibles. Ce sont des informations pouvant être d'un intérêt certain pour les décideurs locaux.

Par ailleurs il est possible par comparaison de scénarios de savoir pour quelle périodicité de retour de crues la solution sera la plus intéressante. Par exemple, si deux scénarios ont la même valeur de Dommage Evité Moyen Annuel, et si leurs coûts sont identiques, elles sembleraient toutes deux aussi pertinentes. Mais il est possible que les valeurs de leur DEMA diffèrent selon la périodicité des crues. Ainsi un scénario pourrait être très intéressant pour une crue centennale par rapport à un autre scénario, mais beaucoup moins pour des crues décennales (cf. figure 7). Cette information peut être très utile aux décideurs : est-il préférable d'avoir d'importants dégâts une fois tous les dix ans ou de très gros dégâts une fois tous les cent ans ?

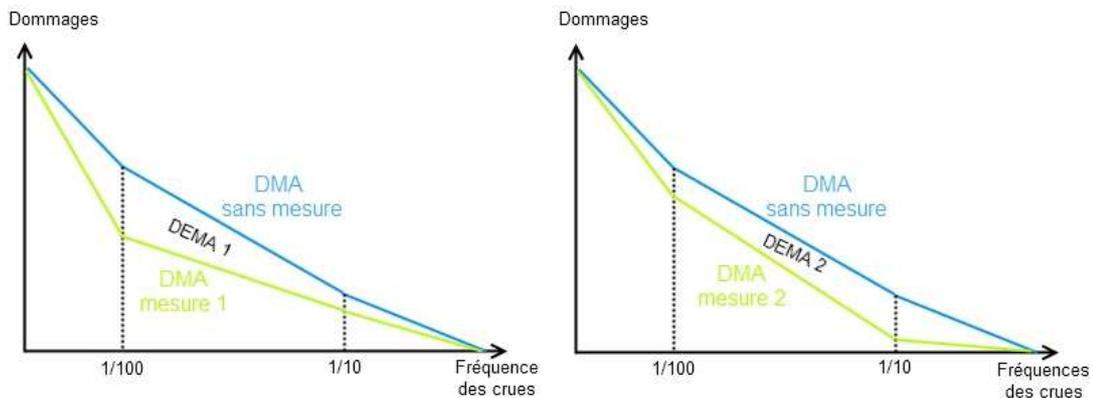


Figure 7: Différences induites par des DEMA identiques

En admettant sur la figure que DEMA 1 = DEMA 2 pour la mesure n°1 les dommages pour une crue centennale seront plus limités que pour la mesure n°2, mais pour les crues décennales, ce sera l'inverse. Cette information peut être très importante dans la prise de décision

Ce document présente aussi une spatialisation des Dommages Evités Moyens Annuels (cf. figure 8). On peut ainsi y voir que pour certains endroits, en rouge sur la figure, la politique de prévention aggrave localement la situation. Cette information est aussi très importante pour les décideurs, leur permettant de prendre des mesures localisées.

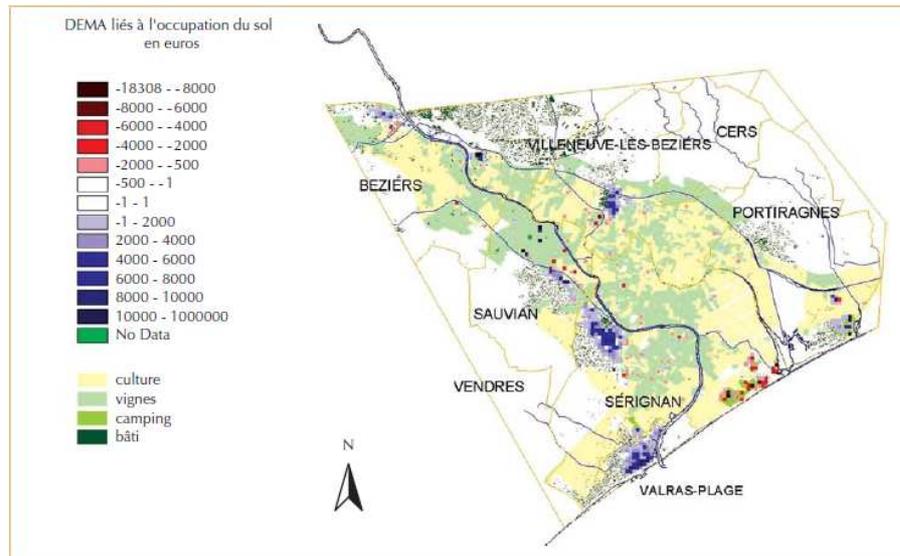


Figure 8: Carte des impacts de la politique de prévention dans la vallée de l'Orb mesurés à l'aide des DEMA (Erdlenbruch *et al.*, 2008)

Dans le cadre d'une analyse par méthode des dommages évités, cette étude souligne comment la représentation des résultats peut apporter des informations supplémentaires aux décideurs locaux. Comme pour toute ACA il est possible de connaître la mesure la plus appropriée économiquement, mais aussi de savoir comment les dommages vont se répartir sur les enjeux, de quelle façon ils vont se répartir géographiquement, et avec quelle importance ils vont se répercuter selon les périodes de retour des différentes crues.

Un autre point peut être mentionné pour les apports de cette étude. Une ACA doit intégrer une analyse de sensibilité. Mais il est possible de réaliser en plus une analyse d'incertitude. Pour une étude similaire, un tel travail a été réalisé (Grelot *et al.*, 2008). Il y est expliqué que pour analyser les incertitudes, de nombreux travaux s'appuient sur une approche de Monte-Carlo, qui consiste en plusieurs réalisations d'un même modèle suivant des jeux de paramètres d'entrée tirés aléatoirement, selon des lois de probabilités définies. L'exploitation des résultats permet à la fois de quantifier l'incertitude existant sur le résultat du modèle (analyse d'incertitude), et de quantifier l'influence de chacun des paramètres d'entrée sur le résultat (analyse de sensibilité).

2.2 EMPLOI DE LA METHODE D'EVALUATION CONTINGENTE ET DE LA METHODE DES PRIX HEDONIQUES DANS UN PROJET

Il a été décidé de présenter cette étude car contrairement aux autres, elle ne faisait pas appel à la méthode des dommages évités, mais permettait une présentation de la méthode d'évaluation contingente et de la méthode des prix hédoniques (CEPRI, 2008).

2.2.1 La méthode d'évaluation contingente

La méthode d'évaluation contingente repose sur une enquête auprès d'un échantillon représentatif d'habitants visant à interroger les personnes enquêtées sur leur consentement à payer, ou éventuellement à recevoir, pour bénéficier d'un bien ou d'un service environnemental. Dans cette étude réalisée sur la commune de Charleville Mézières, deux scénarios fictifs ont été proposés aux personnes interrogées.

Dans le premier, il était supposé que les personnes inondables devraient librement choisir de souscrire ou non à un contrat d'assurance inondation, qui constituerait leur seul système d'indemnisation pour les sinistres liés aux inondations. Les habitants étaient ainsi dédommagés, mais pas moins exposés au risque. Dans le second scénario, les pouvoirs publics pourraient investir dans des travaux de protection destinés à diminuer le risque d'inondation par la crue centennale. Ces travaux ne permettraient pas d'éviter les inondations, mais ils limiteraient tout de même leur impact, en réduisant la hauteur d'eau et les vitesses de courant à des valeurs compatibles avec la sécurité des personnes. Ils ne seraient engagés que si la population concernée accepte d'y contribuer financièrement. La somme accordée par les riverains pour diminuer leur risque représente dans ce cas le montant financier qu'ils accordent à la baisse du risque, compte tenu de la protection dont ils bénéficient par le système Catnat.

Les différents modèles économétriques proposés par ces deux scénarios fournissaient des consentements à payer moyens similaires, ce qui traduit la robustesse des résultats. Dans cette méthode, la reconstitution d'un marché fictif (contingent) a permis d'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.

2.2.2 La méthode des prix hédoniques

L'autre méthode testée est celle des prix hédoniques. L'objectif est de déterminer l'impact de la localisation en zone inondable sur le prix des logements. La dévalorisation éventuelle des logements observée en zone inondable, par rapport au reste de la commune, traduit donc ce que les personnes sont prêtes à payer pour se localiser hors de la zone de risque et donc ne plus le subir ou très indirectement. Pour obtenir la valeur accordée à un bien environnemental, le modèle hédonique permet de relier le prix de vente d'un logement à un ensemble de caractéristiques du bien (nombre de pièces, surface habitable, situation géographique, situation en zone inondable ...). Cette valeur est une estimation des bénéfices qu'ils accordent à la disparition du risque inondation.

Dans l'étude faite à Charleville Mézières, suite à la période durant laquelle il y eu des crues, la localisation devint une caractéristique des logements prise en compte par les acheteurs de logement. Elle représentait la valeur accordée à la disparition totale du risque pour les propriétés situées en zone inondable.

Plus généralement, la méthode des prix hédoniques appliquée à la valorisation des biens environnementaux repose sur l'idée que le prix d'un bien immobilier dépend de ses caractéristiques, parmi lesquelles certaines sont liées à la qualité de l'environnement. Les différences de prix constatées entre des biens présentant par ailleurs des traits identiques traduisent alors des différences en matière d'environnement. Elles fournissent une information sur le prix implicite du bien environnemental et donc sur le consentement à payer des ménages pour bénéficier de ce bien environnemental.

Ces méthodes n'ont pas été employées dans les documents de référence étudiés ci-dessus sans pour autant ne pas être citées comme moyens de déterminer d'autres coûts de mesures d'aménagement. On voit néanmoins qu'étant plus difficiles à mettre en œuvre, du fait de l'emploi de questionnaires notamment, elles sont moins favorisées.

3. ELEMENTS REMARQUABLES DE CES DOCUMENTS

3.1 METHODE DES DOMMAGES EVITES

Il n'était pas apparu en phase I de cette action du CPER que les projets d'aménagement du littoral employant une analyse coûts/avantages faisaient appel à la méthode des dommages évités. L'emploi de cette méthode est pourtant l'un des points communs à l'ensemble des documents de références ou outils étudiés et mis à disposition des gestionnaires de territoire pour l'évaluation de projets de réduction des inondations liés à des phénomènes de crues.

Les dommages évités correspondent aux bénéfices apportés par un scénario d'aménagement proposé. Il y a une comparaison, pour un aléa donné, des dommages estimés pour une situation sans aménagement, et pour la situation avec l'aménagement proposé. Logiquement il y a moins de dommages dans le scénario avec aménagement, et la différence entre les deux estimations de dommages correspond aux dommages évités, c'est-à-dire aux bénéfices apportés par le projet.

Cette méthode n'est axée que sur une partie de l'ACA, à savoir l'analyse des bénéfices (ou avantages), l'évaluation des coûts devant être traitée en parallèle. La figure 1 illustre ce point. Cette méthode présente l'intérêt de faciliter aux gestionnaires de projet la réalisation de l'ACA. En effet l'analyse des coûts est plus classique, correspondant à la somme des dépenses engagées de façon initiale, jusqu'à la mise en service de l'aménagement, et les coûts après la mise en service de l'aménagement, c'est-à-dire de pilotage, de maintenance et d'exploitation. Cette étude de coûts se retrouve toujours dans des projets d'aménagement.

L'analyse des bénéfices est quant à elle plus rare car plus délicate à estimer. Elle nécessite une estimation des risques encourus, et donc des caractéristiques des aléas potentiels, et de la valeur des enjeux. Les documents analysés ci-dessus présentent l'avantage de donner les caractéristiques de l'aléa devant être connues (cf. 3.3.2) ainsi que de proposer des courbes de dommages pour l'estimation des coûts liés aux dégâts sur les enjeux (cf. 3.3.3). Ces deux points sont intégrés avec la méthode des dommages évités dans une partie plus globale, le diagnostic territorial et économique. Cette méthode se positionne comme un réel outil de facilitation de la méthode d'ACA pour les gestionnaires de projets.

L'adaptabilité de cette méthode aux projets d'aménagement du littoral soulève néanmoins quelques difficultés. Ces points seront développés dans les parties suivantes mais deux principales difficultés émergent.

D'une part, l'analyse des enjeux et des dommages affectés à ces enjeux est assez restreinte. Ainsi seuls des enjeux économiques sont étudiés. Ce point est rappelé dans ces documents de référence mais les enjeux naturels sont très peu intégrés, la méthode des dommages évités oriente l'analyse de manière assez anthropocentriste. En outre et de façon liée, tous les coûts ne sont pas analysés. Les coûts directs sont tous pris en compte, mais une partie seulement des coûts indirects est analysée et aucun coût intangible ne l'est. Les documents étudiés énumèrent des méthodes permettant d'intégrer monétairement tout ou partie de ces autres coûts. Il semblerait pertinent par la suite de déterminer, en fonction du temps et de l'argent nécessaire en plus, l'utilité de proposer une méthode d'ACA pour les projets d'aménagement du littoral qui permettrait d'affiner le niveau de précision de l'étude.

D'autre part, il est mentionné dans ces documents que la méthode des dommages évités nécessite pour préalable une modélisation de l'aléa. Pour les aléas littoraux, il peut être envisageable de modéliser l'érosion mais plus difficilement la submersion marine. Les caractéristiques pouvant être obtenues actuellement en modélisation de crues ne le sont pas encore pour la submersion marine. Ceci pose un biais quant à la possibilité d'évaluer les dommages aux différents enjeux, et donc de mener à bien la méthode des dommages évités.

3.2 PERIMETRE DE L'ETUDE

3.2.1 Difficile évaluation des impacts environnementaux

La phase I de cette action du CPER avait mis en évidence la difficulté de prendre en compte monétairement les effets sur l'environnement liés à des projets d'aménagement du littoral. L'étude des documents de références pour la réalisation d'ACA dans des projets de réduction des inondations dues à des crues a démontré l'existence de la même difficulté pour ce type de problématique.

Il est néanmoins rappelé que les dommages environnementaux existent, et que même sans être monétarisés, ils doivent au moins être mentionnés. Plusieurs suggestions sont apportées aux futurs gestionnaires de projets voulant intégrer ces dommages. Un moyen peut ainsi être de quantifier ces dommages par des indicateurs physiques, tel que l'effet sur la faune piscicole par exemple, puis économiques, par la réduction induite des retombées touristiques (DREAL, 2010).

Des solutions plus pertinentes sont aussi apportées dans ces documents, et ce de manière commune. Il est rappelé que les méthodes des prix hédoniques et d'évaluation contingente sembleraient plus à même de permettre une quantification des dommages à l'environnement. Ces méthodes sont encore peu répandues et plus délicates à manipuler que la méthode des dommages évités. Il semble cependant nécessaire d'approfondir la possibilité de leur emploi.

3.2.2 Difficile évaluation des autres coûts indirects et intangibles

Le tableau ci-dessous (Dogot, Lecrombs, 2010) présente l'ensemble des dommages, et donc des coûts à estimer, suite à une inondation. Ce tableau des dommages peut s'appliquer aussi dans le cadre d'un projet d'aménagement du littoral. On y constate qu'il existe différents dommages indirects et intangibles (à la fois directs et indirects) et que leur prise en compte n'est pas forcément anecdotique.

Parmi ceux-ci, il est parfois évalué au travers des courbes de dommage les pertes (production, revenu, temps) en affectant un coefficient par unité de surface de bâtiment endommagé. Il reste néanmoins plusieurs autres de ces dommages pour lesquelles aucune estimation monétaire n'est faite. Selon les caractéristiques du projet, certains de ces dommages peuvent avoir une part assez importante. Il semble donc pour cette raison nécessaire de les intégrer de la façon la plus précise possible dans le reste de l'ACA.

Dommages			
Directs		Indirects	
Tangibles	Intangibles	Tangibles	Intangibles
Bâtiments (immobilier et mobilier)	Valeurs culturelles et affectives	Nettoyage, déblaiement, services d'urgence	Bien-être (stress, santé, déstabilisation sociale)
Cultures agricoles	Environnement	Pertes (production, revenu, temps)	Écosystèmes
Biens d'équipement		Perturbation (transport et communications)	
Véhicules			

Tableau 5: Ensemble des dommages pouvant être induits par un aléa (Dogot, Lecrombs, 2010)

Pour ces dommages aussi la possibilité de faire appel aux méthodes des prix hédoniques et d'évaluation contingente est mise en avant. Ce point vient donc souligner la nécessité d'approfondir la possibilité d'emploi de ces méthodes dans des projets d'aménagement du littoral.

3.2.3 Choix de l'horizon temporel

L'horizon temporel correspond à la période sur laquelle est considéré l'ensemble des coûts et des avantages liés au projet. Il n'est pas à confondre avec la durée de vie des aménagements proposés puisque l'horizon temporel dépend également de la fiabilité d'autres paramètres, comme l'occupation du sol.

Dans les documents étudiés dans ce rapport, l'horizon temporel proposé était de 50 ans. Au-delà, la probabilité que les enjeux en zone inondable aient changé est trop importante. Cette question du choix de l'horizon temporel se pose aussi dans le cadre des ACA pour des projets d'aménagement du littoral.

L'argument imposant de ne pas excéder 50 ans pour l'horizon temporel du fait du changement potentiel des enjeux s'applique aussi à l'espace littoral. Mais plus que les enjeux, c'est les caractéristiques de l'aléa qui peuvent être amenées à évoluer. Ainsi dans une étude sur l'évaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon (DRE LR, CETE Méditerranée, 2010), l'horizon temporel choisi est de 30 ans, considérant qu'il n'est pas certain qu'au-delà le climat conserve les caractéristiques qui lui sont connues.

Le choix d'un horizon temporel aussi important dans les projets d'aménagement du littoral semble en effet plus délicat. Les connaissances moins importantes dans les aléas littoraux, ainsi que l'influence du changement climatique (cf. partie ci-dessous), tendraient à prendre un horizon temporel inférieur à cinquante ans, éventuellement de l'ordre de 30 ans comme proposé dans l'étude de la DRE LR et du CETE Méditerranée.

3.2.4 Recherche de l'intégration du changement climatique

Le document d'Analyse Coûts/Avantages de la DREAL Rhône-Alpes rappelle que l'influence du changement climatique, dont l'influence sur le niveau marin fait l'objet d'un consensus, peut être prise en compte sur les secteurs proches du littoral.

Dans le cadre des projets d'aménagement du littoral, la modélisation des aléas est plus délicate que pour une crue. Néanmoins l'une des principales caractéristiques pour l'évaluation des submersions est l'élévation du niveau d'eau. En Languedoc Roussillon il est considéré dans le guide d'élaboration des PPR submersion (DIREN LR, 2008) que la hauteur de référence à prendre en compte pour l'aléa submersion est de + 3m NGF en zone de déferlement, et de + 2m NGF en zone hors déferlement. Ces hauteurs de références étaient basées sur les événements historiques, mais il est probable qu'elles soient amenées à être modifiées.

Une circulaire du 27 juillet 2011, non parue au journal officiel, donne un cadrage de ce que pourrait être la prise en compte de changement climatique pour la réévaluation de l'aléa de référence. Ainsi il est indiqué dans cette circulaire, relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux, qu'une hypothèse retenue serait celle d'une augmentation du niveau marin égale à 60 cm à l'horizon 2100, dont 20 cm seraient directement intégrés à l'aléa de référence (MEDDTL, 2011).

Le fait que l'influence du changement climatique soit prise en compte dans le nouveau guide des PPR littoraux, montre à quel point il sera nécessaire d'intégrer ce facteur dans les projets d'aménagement du littoral, et leurs ACA.

3.3 POINTS METHODOLOGIQUES

3.3.1 Comparaison d'un seul scénario au scénario de référence

Dans la majorité des documents étudiés dans ce rapport, il n'y a comparaison que d'un seul scénario d'aménagement au scénario sans mesure. Ceci s'explique peut-être du fait de l'objectif informatif de ces documents. Pour l'essentiel ce sont des documents de référence ou des guides d'utilisation d'outils de calcul. Pour cette raison, il est possible qu'ils ne présentent que le cas simplifié dans lequel seule une option d'aménagement est envisageable.

Concernant l'emploi d'une ACA dans des projets d'aménagement du littoral, deux objectifs sont recherchés. La réalisation d'une ACA n'est pas recherchée uniquement pour avoir une estimation de la rentabilité économique d'un projet et d'en montrer ainsi aux décideurs la validité. L'emploi d'une ACA a aussi pour objectif de comparer différentes options entre elles. Dans le cas d'aménagements sur le littoral, plusieurs techniques peuvent être employées. Ces techniques peuvent sembler équivalentes vis-à-vis des fonctions assurées mais en réalité en termes de dégradation de l'espace, ou d'entretiens elles peuvent s'avérer avoir des différences impliquant pour un horizon temporel donné une réelle différence en terme de rentabilité économique.

Pour cette raison, il semble pertinent d'orienter le développement de l'utilisation d'ACA dans des projets d'aménagement du littoral qui font la comparaison de plusieurs options techniques. Il est probable que pour un projet donné un scénario semble plus adapté techniquement. Néanmoins il reste nécessaire de vérifier que ses intérêts techniques s'additionnent d'avantages économiques vis-à-vis des autres solutions envisageables.

3.3.2 Modélisation hydraulique pour la caractérisation de l'aléa

La méthode des dommages évités employée dans les projets de réduction des inondations dues à des crues nécessite une modélisation hydraulique. Les résultats d'une étude hydrologique, estimant la fréquence des débits de crue, sont utilisés pour définir différents paramètres tels que hauteur d'eau, ampleur spatiale considérée et éventuellement durée et vitesse de submersion.

Ces modélisations restent encore délicates puisqu'elles nécessitent des capacités de calcul élevées. La vitesse et la durée de submersion sont ainsi des données encore trop complexes à obtenir en zone urbaine et ne peuvent l'être que pour les zones agricoles, sur lesquelles il y a moins de paramètres en entrée. Ce problème de limitation des capacités de modélisation est plus accentué pour les problématiques littorales. Il peut en effet être estimé des valeurs de surcote et leur période de retour mais la définition des zones inondées suite à ces submersions n'est pas aussi développée que pour la modélisation sur cours d'eau.

Des modèles sont expérimentés permettant d'estimer si la surcote peut dépasser le cordon dunaire (outil Subdune développé dans le cadre du projet Coastance) ou de modélisation d'une submersion sur une zone urbanisée (projet Miseeva). Mais il semble difficile à l'heure actuelle de définir précisément pour un épisode de submersion les zones inondées et pour quelles hauteurs d'eau. Le passage des lignes de défense, l'écoulement et l'interaction avec cours d'eau et lagunes sont encore très délicats à prendre en compte. Les approximations devant alors être faites, c'est-à-dire de considérer que ce qui est au-dessous du niveau de surcote est submergé, sont d'un intérêt limité et ne permettent pas d'obtenir le niveau de précision recherché pour une ACA.

Ce point n'était pas forcément apparu dans la première phase de cette action du CPER puisque les projets étudiés étaient vulnérables à l'aléa érosion, et non pas submersion marine.

Il semblerait donc qu'il manque à l'heure actuelle un outil de modélisation performant permettant de définir des estimations des niveaux d'eau liés à la conjonction de différents aléas en zone littorale (crue, élévation des plans d'eau des lagunes, submersion marine). En plus des intérêts triviaux pour la préparation à la gestion de crise, cet outil permettrait d'obtenir des informations précises pour la réalisation d'une ACA.

3.3.3 Emploi de courbes de dommages

Les données obtenues par modélisation hydraulique permettent de pouvoir estimer monétairement les dégâts aux enjeux. Pour cela des courbes de dommages ont été définies et permettent selon différents paramètres (hauteur d'eau au plancher, durée d'inondation, densité des logements...) d'avoir une estimation des dégâts.

Plusieurs courbes sont principalement citées pour l'habitat et les entreprises (CEPRI, 2010). On trouve en premier lieu les courbes de JP. Torterotot permettant une évaluation des dommages à l'aide des hauteurs d'eau par rapport au premier plancher. Ces courbes distinguent aussi la vitesse de crue : lente ou rapide. Les courbes Loire Moyenne définissent quant à elles des coefficients d'endommagement pour différents éléments d'entreprise : bâtiments, outils de production et stocks. Pour ces coefficients, une distinction est faite aussi si la durée entre le retrait définitif de l'eau et l'intervention d'équipes spécialisées dépasse ou non 48 heures.

Pour ce qui est des dommages aux cultures et activités agricoles, en fonction de la durée de submersion, il est possible d'employer les courbes ASca du Rhône définies pour partie depuis les travaux de Loire moyenne, ou les courbes de JP. Torterotot. On emploiera les premières si la durée de submersion est inférieure à 5 jours et les secondes au-delà.

Ces courbes sont assez intéressantes puisqu'elles sont reconnues comme « référentiel » pour l'évaluation des dommages liés à des inondations. Les employer pour les projets d'aménagement du littoral permettrait de garder une cohérence dans les ACA réalisées pour des projets d'aménagement.

3.4 VALIDITE ET TRANSPARENCE DE L'ETUDE

3.4.1 Réalisation d'une analyse de sensibilité et d'une analyse d'incertitude

L'analyse de sensibilité a pour objectif de mesurer l'impact de différentes hypothèses sur le résultat. Elle permet d'estimer, sur un résultat du modèle, le poids des différents paramètres lorsque ceux-ci sont sujets à des variations. Les valeurs qui sont données aux différents paramètres d'entrée des modélisations et économique influencent de manière plus ou moins forte le résultat de l'ACA, c'est-à-dire la valeur actualisée nette.

Dans la technique de l'ACA, plusieurs hypothèses ont été avancées pour obtenir un résultat de l'étude sous la forme d'un critère de décision. Ces hypothèses ont, pour certaines, permis de fixer des paramètres. Le document technique du CEPRI (2010) fait la liste de paramètres devant absolument être testés pour des projets de réduction des inondations par crue. L'idée est de faire varier ces paramètres de +/- 10% de voir l'influence apportée sur les résultats de l'étude :

- Horizon temporel ;
- Relation période de retour / hauteur d'eau : tester l'impact sur le résultat de l'ACA d'une variation de la période de retour centennale causant une variation de la hauteur d'eau.
- Relation période de retour / durée de submersion : même test à faire que précédemment pour la durée de submersion ;
- Hauteur de plancher : tester les hypothèses prises sur la hauteur de plancher des enjeux ;
- Coût d'entretien : parfois fixé à 2% du coût d'investissement, cette hypothèse est-elle forte ou n'a-t-elle que peu d'importance ?
- Pourcentage d'occupation des RDC ;
- Proportion d'habitation avec sous-sol : faire varier le ratio déterminé.

Parallèlement, le travail de Grelot *et al.* (2008) précise que pour la réalisation d'une analyse d'incertitude peut être faite par l'intermédiaire d'une approche de Monte-Carlo. Cette approche consiste en plusieurs réalisations d'un même modèle suivant des jeux de paramètres d'entrée tirés aléatoirement, selon des lois de probabilités définies. L'exploitation des résultats permet à la fois de quantifier l'incertitude existant sur le résultat du modèle (analyse

d'incertitude), et de quantifier l'influence de chacun des paramètres d'entrée sur le résultat (analyse de sensibilité). Cependant il est rappelé dans le document technique du CEPRI (2010) que l'analyse d'incertitude nécessite d'importants moyens du fait de la difficulté technique de mener à bien cette méthode de façon rigoureuse. Elle n'est donc pas présentée dans ce document du CEPRI.

Pour ces raisons il paraît plus judicieux de ne conseiller que la réalisation de l'analyse de sensibilité dans les projets d'aménagement du littoral. Il restera à définir quels seront les paramètres devant forcément y être testés.

3.4.2 Formation d'un groupe de pilotage

Dans le document joint à l'outil d'optimisation des projets de prévention des risques d'inondation de la Mission Rhône, il est conseillé la formation d'un groupe de pilotage. Il y est expliqué que l'évaluation économique du risque inondation et des projets de protection-prévention doit être une démarche collective, s'inscrivant dans le processus d'aide à la décision.

Par ce document il est recommandé que ce groupe de pilotage rassemble notamment les représentants des acteurs locaux concernés par le risque inondation et les retombées des projets envisagés ainsi que les partenaires financiers. Ce groupe doit être étroitement associé à la conduite de l'étude, afin de s'approprier au mieux l'intérêt mais aussi les limites des résultats qui seront produits.

Cette proposition semble assez pertinente rendant la démarche d'analyse coûts/avantages plus transparente. Il semblerait intéressant pour cette raison d'imposer la formation d'un groupe de pilotage pouvant avoir une connaissance détaillée de la manière dont a été réalisée l'ACA. Ceci ne serait pas envisageable pour tous les projets mais il serait intéressant qu'un expert en économie (universitaire, personnel de l'Etat...) soit invité à faire partie de ce groupe afin d'y disposer d'une personne capable d'avoir un regard relativement critique sur la méthode et les données employées

CONCLUSION

Le travail réalisé durant cette phase a permis de mettre en évidence différents points sur l'emploi d'ACA dans les projets de réduction d'inondations liées à des crues. En premier lieu, il est important de noter l'existence de documents réglementaires et outils, aux échelles nationales et régionales, permettant d'appuyer les gestionnaires de territoires et de projets. Du fait de leur souhait d'obtenir des informations plus détaillées, cette action du CPER a justement pour objectif de faire un état des lieux à la DREAL et à la Région Languedoc-Roussillon vis-à-vis de l'emploi d'ACA dans les projets d'aménagement du littoral. Mais il reste néanmoins important de noter l'inexistence actuellement de ce type de moyens pour l'appui aux gestionnaires du littoral, désireux de vouloir employer des outils économiques d'aide à la décision.

Concernant la méthode employée, on constate qu'il est globalement conseillé d'utiliser la méthode des dommages évités. Cette méthode présente l'avantage d'être assez facilement appropriable mais présente quelques inconvénients. Ce sont des inconvénients propres à la méthode, ou liés à son adaptabilité au contexte de l'aménagement de l'espace littoral.

Ainsi, la méthode des dommages évités ne permet pas une évaluation de la totalité des coûts. Ce point avait déjà été mis en évidence dans la première phase. Dans cette méthode, les dommages à l'environnement ne sont pas pris en compte. De même d'autres coûts indirects et intangibles ne sont pas étudiés. Un point intéressant serait de connaître la part que peuvent prendre ces coûts non pris en compte. En effet il est possible d'employer d'autres méthodes telles que la méthode des prix hédoniques ou la méthode d'évaluation contingente pour estimer ces coûts. Cependant si la part de ces coûts est faible au regard des autres coûts étudiés et que l'emploi de ces méthodes s'avère trop chronophage, la question de leur évaluation peut être posée.

Par ailleurs, il existe une difficulté à l'emploi de la méthode des dommages évités dans les projets d'aménagement du littoral. Il y est nécessaire de réaliser une modélisation hydraulique. De telles études peuvent être longues et coûteuses, mais sans leur réalisation, il n'est pas possible de disposer des caractéristiques suffisantes pour faire une évaluation des dommages aux enjeux. Avec ces éléments, l'emploi de courbes de dommages, définissant les coûts en fonction de paramètres tels que durée d'inondation et hauteur d'eau, permettrait d'avoir des estimations fiables.

Ces travaux ont en outre permis de mettre en évidence certains points contextuels à l'emploi d'une ACA. Il semblerait ainsi pertinent de se placer dans un horizon temporel limité, de l'ordre d'une trentaine d'années. Au-delà les changements d'aménagement sur le territoire risqueraient de ne plus rendre les résultats de l'ACA valables. Il est de même important de spécifier de quelle manière l'influence du changement climatique pourra être prise en compte dans les projets d'aménagement du littoral. A ces points s'ajoutent des points de cadrage, comme la nécessité de l'existence d'un groupe de pilotage et que la réalisation d'une analyse d'incertitude, délicate, ne semblerait pas nécessaire.

Ces points identifiés précisent quels devront être les éléments clefs pour la production d'une méthodologie de réalisation d'analyses coûts/avantages. Ce travail fera l'objet de la troisième phase de cette action du CPER.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation, (2008). Les PAPI six ans après leur démarrage. 4p.
- Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation, (2008). Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes. Juin 2008, p 89-92.
- Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation, (2010). Analyse coût bénéfice – Annexes techniques. Décembre 2010, 78p.
- Confédération suisse, (2010). Office Fédéral de l'Environnement- Objectifs et tâches de l'OFEV. <http://www.bafu.admin.ch/org/ziele/index.html?lang=fr>, page consultée le 10 août 2011.
- DIREN Languedoc-Roussillon, (2008). Guide d'élaboration des PPR submersion marine en Languedoc-Roussillon, 12p.
- Direction régionale de l'Environnement Languedoc-Roussillon, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Méditerranée, (2010). Evaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon, 53 p.
- Dogot T., Lecrombs F., (2010). Analyse économique coûts/avantages - Aménagements hydrologiques de bassins versants ruraux. Présentation 2010, 39 diapositives.
- DREAL Rhône-Alpes, service prévention des risques, (2010). Plan Rhône Volet « Inondations » Analyse Coût/Bénéfice – Guide d'accompagnement. Novembre 2010, 36p.
- Erdlenbruch K., Gilbert E., Grelot F., Lescoulier C., (2008). Une analyse coût-bénéfice spatialisée de la protection contre les inondations – Application de la méthode des dommages évités à la basse vallée de l'Orb. In : *Ingénieries EAT*, n°53, 2008, p 3-20.
- Grelot, F., Bailly, J.-S., Blanc, C., Erdlenbruch, K., Mériaux, P., Saint-Geours, N., Tourment, R. (2008). Sensibilité d'une analyse coût-bénéfice - enseignements pour l'évaluation de projets d'atténuation des inondations, In : *Ingénieries E.A.T.*, n°spécial 14, p 95-108.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, (2011). Programmes d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) – De la stratégie aux programmes d'action- Cahier des charges. Février 2011, 28 p.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, (2011). Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux. 27 juillet 2011, 19 p.
- Office Fédéral de l'Environnement, (2010). Le facteur coûts-bénéfices comme outil de priorisation pour les projets de protection contre les crues en Suisse. In : *L'application de l'analyse coût bénéfice aux risques naturels. Compte-rendu du séminaire du 7 mars 2007*, 43p.

5. ANNEXES

Catégories d'activités considérées dans la méthode d'Analyse Coûts/Bénéfices de la Mission Rhône

Agriculture, sylviculture et pêche
Industries extractives
Industrie manufacturière
Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
Production et distribution d'eau ; assainissement, gestion des déchets et dépollution
Construction
Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles
Transports et entreposage
Hébergement et restauration
Information et communication
Activités financières et d'assurance
Activités immobilières
Activités spécialisées, scientifiques et techniques
Activités de services administratifs et de soutien
Administration publique
Enseignement
Santé humaine et action sociale
Arts, spectacles et activités récréatives
Autres activités de services
Activités des ménages en tant qu'employeurs ; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre