

# Séminaire sur l'application de l'analyse coûts-bénéfices aux risques naturels

## Seminar on costs-benefits analysis applied to natural hazards prevention

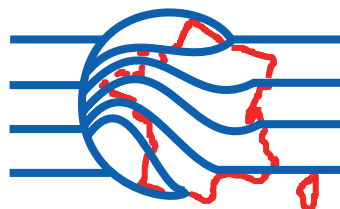


Laves torrentielles à Brienz en Suisse en 2005 - Source © Forces aériennes suisses

### Compte rendu

Mercredi 7 mars 2007  
(8h30 - 17h30)

Salle 7 du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable  
20 Avenue de Ségur, 75007 PARIS



Association Française pour  
la Prévention des  
Catastrophes Naturelles



# **COMPTE RENDU DU SÉMINAIRE SUR L'APPLICATION DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES AUX RISQUES NATURELS**

## **BILAN DE LA JOURNÉE**

Ce séminaire a été organisé par l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (AFPCN) à la demande de la Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale (D4E) du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD).

L'objectif de ce séminaire était d'effectuer une synthèse des expériences concrètes étrangères et française en terme d'application de l'analyse coûts-bénéfices (ACB) aux risques naturels. Il s'agissait d'identifier les meilleures pratiques étrangères d'évaluation économique des risques naturels, les conditions de réussite à l'étranger des approches « normalisées » de l'analyse coûts-bénéfices, ainsi que l'état de l'art en France.

Le premier exposé (Nicolas Treich, Lerna) a présenté les bases théoriques de l'ACB, en présentant notamment les méthodes d'évaluation des bénéfices (approches par les dommages évités et le consentement à payer).

Nicolas Treich a ensuite dressé un bref historique de l'utilisation de cet outil économique – notamment aux Etats-Unis où il est utilisé depuis longtemps – et insisté sur la nécessaire transparence qui doit accompagner les résultats pour l'aide à la décision.

Les quatre présentations suivantes ont porté sur les pratiques d'autres pays européens : l'Angleterre, les Pays-Bas (où l'évaluation économique est assez traditionnelle), la Suisse et l'Allemagne (où de telles démarches sont plus récentes).

Le constat initial des possibilités financières limitées a été à chaque fois avancé. L'ACB apparaît ainsi comme un outil proposant une hiérarchie entre projets, pouvant permettre de tendre vers une allocation plus efficace des moyens. Au-delà des particularités locales, ces quatre exemples concrets ont fait ressortir deux points communs :

- Le développement de l'ACB est lié soit à une obligation réglementaire (accès aux subventions), soit à une très forte incitation par les pouvoirs publics nationaux.
- Cette obligation ou incitation s'accompagne de documents méthodologiques, permettant la mise en œuvre systématique de l'ACB.

Les exposés de l'après-midi étaient consacrés à deux études de cas français (le mouvement de terrain de la Séchilienne et les inondations dans le bassin versant de la Meuse) et une synthèse nationale. Il convient de souligner que même si l'ACB n'a pas toujours amené des conclusions nettes, la demande émanait du décideur et l'ACB a contribué à l'avancée des discussions. Les présentations ont également mis en avant l'absence d'encadrement méthodologique normatif pour la réalisation de telles études.

Les discussions et la conclusion ont ainsi mis en avant l'intérêt de poursuivre les développements méthodologiques de l'ACB, en identifiant ses forces et ses limites, afin d'accroître l'utilité de cet outil économique dans l'éclairage de l'action publique.

Enfin, le public de ce séminaire a été diversifié, incluant des membres de l'administration, nationale et déconcentrée, d'établissements publics (EPTB, agences de l'Eau), du monde de la recherche et de l'enseignement supérieur, ainsi que des bureaux d'études.

Les suites possibles de ce séminaire pourraient être :

- La constitution d'un réseau entre le MEDD et les experts pour établir un programme de travail (recherche, études) pour consolider et diffuser des méthodes d'analyse coûts-avantages appliquées aux risques naturels.
- L'organisation de journées de même nature, pour des participants différents.

# **COMPTE RENDU DU SÉMINAIRE SUR L'APPLICATION DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES AUX RISQUES NATURELS**

## **COMPTE RENDU DES INTERVENTIONS**

*Rédigé par Nathalie Dumax, Cemagref et corrigé par les différents intervenants*

### **Introduction**

*Discours d'introduction de **Guillaume Sainteny** (D4E) et **Gérard Brugnot** (AFPCN)*

Les missions de la Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale (D4E) du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, consistent :

- Développer des programmes de recherche qui mobilisent les scientifiques, avec le souci de disposer de travaux débouchant sur des résultats applicables à la mise en œuvre des politiques du MEDD
- Évaluer, par son expertise économique, l'efficacité des politiques du MEDD et les conditions d'intégration au meilleur coût de l'environnement dans l'ensemble des politiques publiques.
- Favoriser l'information et la participation du public aux décisions, pour être en quelque sorte le « garant environnemental » des actions interministérielles.

L'Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) est un outil permettant de construire une forme de régulation et de financer efficacement les actions préventives. Il s'agit donc de planifier les travaux de recherche de façon à assurer une qualité des ACB ainsi que leur intégration dans le processus décisionnel. L'ACB est encore insuffisamment développée en France. Pourtant, si l'on étudie les projets liés aux inondations et à l'assèchement des zones humides qui ont été mis en place jusqu'ici, les bilans économiques (même sans prendre en compte les externalités) sont généralement négatifs, ces projets n'auraient donc pas été acceptés si une ACB avait été effectuée. Par ailleurs, deux rapports de la Cours des Comptes (en 1966 et 1967) signalaient déjà un constat d'échec concernant les politiques mises en place à cette époque.

L'objectif de ce séminaire est donc de permettre un développement des programmes de recherche en économie, en particulier concernant les risques naturels ; de développer le poids de l'économie dans les processus décisionnels et de travailler ensemble à la définition de priorités ainsi qu'au choix d'orientations pour la poursuite des travaux à venir.

Rappelons que l'ACB est un outil complexe, généralement utilisé au profit des politiques publiques. Les aspects techniques et scientifiques y sont donc importants ; cependant, les aspects politiques restent très encadrants (notamment aux États-Unis). L'ACB est utilisée très largement comme outil d'aide à la décision dans des pays tels que les États-Unis, le Canada et plus récemment dans les pays du nord de l'Europe, principalement dans certains secteurs comme la sécurité, la santé et les transports. L'Union Européenne, pour sa part, pousse de plus en plus vers une utilisation accrue de cet outil, notamment dans le cadre des études d'impact qui incluent désormais les avantages et les inconvénients de la décision considérée. En France, on observe une sorte « d'allergie » culturelle mais qui n'a pas empêché l'utilisation de l'ACB dans certains secteurs comme la sécurité routière où l'on monétarise les morts évités.

Les aspects de l'ACB consistent en une base scientifique et technique avec une mise en vigueur historiquement politique (en particulier aux États-Unis où les cas pratiques sont les plus nombreux). En ce qui concerne son utilisation appliquée aux risques naturels, quatre cas européens vont être présentés, suivis d'une étude sur quelques cas français. Nous verrons alors quelles sont les perspectives d'utilisation de l'ACB dans ce cadre particulier, en France et en Europe, concernant principalement les risques d'inondations.

### **Présentation de l'analyse coûts-bénéfices**

*Nicolas Treich (LERNA, Toulouse)*

Nous savons que réduire les risques représente un coût, et que le budget de prévention est limité (tant à un niveau individuel que sociétal). Des arbitrages entre réduction des risques et réduction du budget doivent donc être effectués. La règle d'or consiste à faire une hiérarchisation des risques afin de prévenir en priorité les risques qu'il est relativement peu coûteux de réduire, et dont la réduction « rapporte beaucoup ». La question qui se pose est alors de savoir ce que signifie « rapporte beaucoup » ? Ou comment évaluer les bénéfices de la réduction des risques (généralement physiques) et les comparer aux coûts (représentés en unités monétaires) ? C'est pour cela que l'on effectue une monétarisation des bénéfices.

Il s'agit de déterminer comment l'on peut obtenir une mesure monétaire des bénéfices sociaux de la prévention (tels qu'une réduction des risques de mortalité ou une amélioration de la santé ou de la qualité de l'environnement) ? Par exemple, lorsque l'on parle de pollution, comment choisir le niveau de dépollution optimal ? La pollution zéro serait trop coûteuse à atteindre, alors quel peut être un niveau raisonnable de pollution ?

Pour répondre à ces questions, on se base sur l'avis des agents concernés, sur les décisions individuelles : il s'agit alors d'observer les choix des agents afin de voir l'arbitrage effectué par les citoyens entre les risques physiques et les ressources monétaires. Ce qu'il nous faut, ce sont donc des informations sur ces choix individuels. L'ACB a justement pour objectif de déduire cette mesure des décisions individuelles face au risque.

Pour ce faire, deux types de méthodes existent : les méthodes directes (enquêtes, questions hypothétiques...) ou indirectes (observation des choix sur les marchés du risque...). Le concept clé est ce que l'on appelle le consentement à payer (CAP) qui représente l'arbitrage *ex ante* effectué par les citoyens entre leurs ressources financières et une réduction de risque. La valeur statistique de la vie est un exemple de CAP, il est possible de l'inférer en observant les arbitrages faits entre les ressources financières et le niveau de risque encouru. On obtient un ratio entre les deux en étudiant l'impact d'un faible changement du niveau du risque sur la ressource financière puis en agrégeant tous les résultats. Il existe trois types d'étude pour effectuer ce calcul (en fonction des secteurs) : le premier type étudie les risques encourus sur le lieu de travail en fonction des variations de salaire (les primes de risque permettent d'inférer le CAP des travailleurs qui acceptent de travailler sur le lieu considéré). Le second type d'étude porte sur les biens de consommation : les économistes observent les variations de consommation de certains biens ayant un effet sur la santé (air bag, extincteurs...), ils obtiennent ainsi des données de marché permettant de déterminer une valeur statistique implicite de la vie humaine. Enfin, il est possible d'interroger directement un échantillon de la population afin de déterminer leur CAP et d'obtenir, là encore, une valeur statistique de la vie humaine. Les résultats obtenus par ces différentes méthodes ne sont pas aussi hétérogènes qu'on pourrait le penser, les variations observées ne sont pas très importantes.

Shabman et Stevenson (1996) ont effectué une comparaison entre les méthodes directes, indirectes et l'approche des dommages évités (PDA), pour la prévention des inondations. Ils

ont obtenu qu'en ce qui concerne la méthode des prix hédonistes et la PDA, les CAP diminuent avec le risque (ce qui est un résultat théoriquement logique), ce n'est pas le cas pour la méthode d'évaluation contingente. La méthode des prix hédonistes donne une estimation plus forte des bénéfices que la PDA tandis que la méthode d'évaluation contingente donne une estimation plus faible pour les risques forts et une estimation plus forte pour les risques faibles. Des conditions sont donc nécessaires si l'on souhaite obtenir des résultats identiques avec la PDA et la méthode d'évaluation contingente : des perceptions identiques entre les ingénieurs et les citoyens (facteur d'escompte, probabilité subjective et fonction de dommages identiques), une même fonction de dommages des citoyens avec et sans dommages et une absence d'aversion au risque des citoyens. En fait, l'idée serait plutôt de doser l'effort de prévention (plutôt que de choisir entre ne rien faire ou éliminer totalement le risque). Le problème est qu'il y a alors une interaction entre les stratégies de prévention privées et publiques qui peuvent être extrêmement complexes.

L'ACB est encore peu utilisée en France et il est difficile de trouver des études scientifiques. L'approche a surtout été développée aux États-Unis, au Canada et, dans une moindre mesure, au Royaume-Uni et dans les pays scandinaves. Cependant, plusieurs rapports français et européens récents favorisent cette approche. Le précurseur de l'ACB appliquée aux inondations est l'Army Corps of Engineers (contrôle des eaux et inondations) dans les années 30. En France, un livre vert est sorti dans les années 50/60 sur la méthodologie, suite à la période de rationalisation des choix budgétaires. On peut également noter les travaux de la RAND corporation précédant un ralentissement de l'utilisation de cette méthode à la fin des années 60 pour des raisons incertaines (notamment des tensions liées à son équité et à son efficacité). Dans certains pays on observe un redéploiement de la méthode dans les années 70 (ce n'est pas vraiment le cas en France) et l'ACB existe, par exemple, dans la loi américaine depuis l'administration Carter (executive orders 12044, 12991 et 12866).

Un rapport du congrès américain résume les estimations des coûts et des bénéfices issus de règles fédérales importantes. On voit que les mesures ayant eu le plus d'effets monétaires sur le budget sont celles relatives à l'environnement (les bénéfices sont très importants avec une fourchette large, les coûts sont plus faibles, de même que leur intervalle). La réduction des risques de mortalité représente 80% des bénéfices observés, les politiques étudiées étant principalement celles ayant un impact sur la santé (qualité de l'air...). Les programmes développés par différentes agences de régulation américaines permettent d'étudier *ex post* le coût de la vie sauvée par programme. Les variations sont énormes et, même s'il serait intéressant d'étudier de plus près les méthodes de calcul de ces valeurs, la comparaison de ces données permet d'ores et déjà une mesure des décisions privées. Il existe également un protocole pratique recommandé pour aider à la mise en œuvre des ACB : on désigne des experts et on détermine des critères scientifiques (appels d'offre, 'peer-review') avant l'utilisation de l'ACB. Une évaluation *ex post* est ensuite effectuée par des comités interdisciplinaires et les facteurs qualitatifs sont ajustés par les agences de régulation. Cependant, la prise en compte de l'ACB n'est ni nécessaire, ni suffisante pour la mise en œuvre d'un programme, il s'agit plus d'un outil de discussion. Les protocoles ('guidelines') de l'OMB sont disponibles sur internet.

Pour plus de transparence il convient de : quantifier les différents effets, préciser ce qui n'a pas été évalué, informer sur la distribution des effets, spécifier et justifier les hypothèses et estimer les imprécisions (incertitude scientifique). Il convient également de donner à un tiers la possibilité de contester les hypothèses de l'analyse. Il reste cependant des débats permanents quand à la façon de prendre en compte le long terme (choix du taux d'escompte), l'incertitude scientifique (c'est quelque fois très important, car il y a une illusion de précision alors que cela n'est pas le cas), la perception subjective du risque (avec le risque de tomber

dans le paternalisme en corrigeant les perceptions des citoyens de manière à ce qu'elles se rapprochent de celles des experts) et la distribution des bénéfices et des coûts (équité, fiscalité) généralement occultée dans les ACB.

Il est nécessaire d'informer les personnes qui développent des ACB sur l'incertitude et les possibilités d'adopter une approche plus fine (lorsqu'il y a de l'incertitude sur certains paramètres et qu'il est possible d'apprendre dans le futur on peut, par exemple, utiliser une valeur d'option) ou d'effectuer des tests de sensibilité.

Questions : comment tenir compte du fait que le CAP varie avec le revenu ? Le consentement à recevoir n'est-il pas un indicateur plus approprié ?

Il est vrai que l'utilisation de l'ACB va avoir tendance à privilégier les préventions pour ceux qui ont un CAP plus important (et donc ceux qui ont un revenu plus important car c'est effectivement lié). Les personnes avec des revenus plus importants vont investir plus dans la prévention. Si l'on se met à la place du décideur public, il est alors possible de donner plus de sécurité à ceux qui en veulent et ensuite de les taxer afin de donner plus de ressources à ceux qui privilégient leur revenu. On revient alors au problème de distribution des coûts et des bénéfices.

Quant à l'utilisation du consentement à recevoir, beaucoup d'études utilisent effectivement cet indicateur, notamment lorsque l'on analyse les risques sur le lieu de travail (la prime de risque est un consentement à recevoir). Toutefois, il y a un consensus parmi les scientifiques pour dire que ces deux indicateurs peuvent donner des résultats très différents.

## **Contribution de l'analyse coûts-bénéfices à la réduction des risques naturels : cas européens**

### **La gestion du risque d'inondation : l'expérience de l'Angleterre et du Pays de Galles** *Colin Green (Flood Hazard Research Centre)*

Pour parler de la gestion du risque d'inondation, nous pouvons prendre l'image d'une hélice d'ADN dont les liens entre les deux branches représenteraient la co-évolution de la gestion du risque et de l'évaluation des projets. La gestion du risque a pour objectif de changer l'exposition au risque pour plus de soutenabilité. Nous sommes dans un système incertain et conflictuel et c'est de là que naissent les choix. Les questions qui se posent sont alors : qu'est-ce que le risque ? Quels choix devons nous faire ? Pour répondre à cette dernière question il nous faut apprendre, tenir compte des choix qui ont été faits dans le passé et des erreurs afin d'aller de l'avant et non de retourner 30 ans en arrière.

Depuis 1970 et jusqu'à aujourd'hui, il est possible de suivre en parallèle l'évolution de la gestion des risques et celle de l'évaluation des projets. Dans les années 70, les choix qui devaient être faits étaient considérés d'intérêt public et devaient donc être déterminés de façon objective. C'est pourquoi la gestion du risque était généralement technocratique, conduisant à une évaluation des projets plutôt déterministe. Ainsi, les premières ACB, associées à une gestion isolée et statique des risques intégrant la vulnérabilité et une évaluation comptable des pertes, ne prenaient en compte que les dommages directs et servaient principalement à justifier des décisions. Peu à peu l'on a vu apparaître, dans la gestion des risques d'inondation, une cartographie des crues puis les systèmes d'approche de type IWRM et ICZM. Parallèlement, la modélisation économique des systèmes commençait à intégrer les pertes indirectes et les « intangibles ». Lorsque l'on a souhaité gérer toutes les inondations et

prendre en compte les loisirs ainsi que les valeurs environnementales fonctionnelles, se sont posés des problèmes de résilience : comment évaluer, quantifier des biens environnementaux tels que les zones humides qui possèdent de nombreuses fonctions ? Il nous fallait savoir comment se faisait le retour à la normale et s'il était possible de le rendre plus rapide. À présent on souhaite également gérer la variabilité et engager les différentes parties prenantes, l'ACB doit donc prendre en compte les effets re-distributifs afin de faire de meilleurs choix. Se posent alors les questions de justice et d'équité avec l'apparition des méthodes d'analyses multicritères.

L'évaluation des projets a été développée dans plusieurs manuels : 'Blue Manual' 1977, 'Red Manual' 1985, 'Yellow Manual' 1992, FCD PAG3 1999, 'Multi-Coloured Manual' 2007.

Le problème est le suivant : comment traiter les différentes personnes et communautés de la même façon ? Il nous faut apprendre afin de déterminer une meilleure stratégie de gestion. En ce qui concerne la gestion de l'eau, la question est toujours de déterminer l'utilisation optimale des sols (et pas nécessairement de minimiser les inondations). Pour ce faire, il nous faut prendre en compte tout le système dynamique existant entre le sol et la rivière et non pas un seul type d'échange (la déforestation, par exemple, conduit à une augmentation des inondations). Il est nécessaire de penser en termes dynamiques plutôt qu'en terme de fréquence car il y a plusieurs changements cycliques différents. Le temps nécessaire pour retrouver l'état initial dépend du choc qui a eu lieu au départ, c'est une question de résilience : combien de temps faut-il pour retrouver l'état initial ? Comment peut-on rendre les choses plus rapides ? En outre, nous devons également faire face aux problèmes de non-linéarité concernant la réponse du système face à la magnitude des perturbations extérieures. Il est important de considérer l'ensemble des inondations et pas seulement une seule : afin de faire un choix éclairé, il est nécessaire de comparer la période de retour à la normale pour tous les types de projet possibles (barrage, digue, tunnel, rehaussement des maisons...). Il est également nécessaire de mettre en œuvre un processus d'apprentissage, d'inventer de nouvelles options et d'effectuer des tests de sensibilité dès le départ car, dans le cas contraire, on apprend ce que l'on aurait dû faire une fois qu'il est trop tard.

Toutes ces données nous permettent de dessiner une courbe de pertes probables et d'estimer un point de probabilité. La question est alors : comment améliorer ces résultats ? Nous savons qu'il existe un biais d'optimisme d'innovation conduisant à une sous-estimation des coûts de l'ordre de 30% et à une surestimation des bénéfices. On a besoin d'innovations qui ne fonctionnent pas, car elles nous enseignent beaucoup. Des problèmes se posent également en ce qui concerne le poids du revenu, l'horizon de 100 ans (qui explose car il se peut que les choix faits aujourd'hui dépendent de ce qu'il se passe ensuite) et du taux d'escompte (il serait plus approprié de considérer tout le chemin temporel plutôt que le seul taux d'escompte).

En ce qui concerne les probabilités, les problèmes proviennent du fait qu'il faudrait prendre en compte les probabilités d'échec au niveau des digues, les risques mortels (comment les calculer ? les variations sont importantes), les systèmes d'alerte (plus on a de temps plus les chances de succès sont grandes) et les risques météorologiques. Une question critique se pose également en ce qui concerne le « meilleur choix », il ne s'agit pas juste d'efficacité économique, le processus doit être juste et informé, le résultat doit être juste et fructueux, il nous faut également une meilleure mise en œuvre ainsi que de meilleures options.

Pour appliquer la raison aux choix à effectuer, il faut lier les engagements des agents aux ressources de gestion dont on dispose et combiner des valeurs qui n'ont aucune relation avec les valeurs économiques classiques. Il faut également arbitrer entre efficacité et justice afin de déterminer l'efficacité appropriée. Les problèmes les plus courants dans l'évaluation des projets sont des problèmes d'économie de la coopération (pourquoi les gens payent-ils pour la

protection des autres et combien ?), d'environnement (qui représente à la fois une ressource et une expression des relations sociales), d'économie des biens de Ramsey, de ce que signifie faire un « meilleur » choix et de la façon de soutenir l'engagement des parties prenantes.

### **Le facteur coûts-bénéfices comme outil de priorisation pour les projets de protection contre les crues en Suisse**

*Urs Nigg (Office Fédéral de l'Environnement, division prévention des risques)*

Au sein de la Confédération helvétique, l'Office fédéral de l'environnement est le service compétent concernant les dangers naturels liés aux crues, aux séismes, aux mouvements de terrain, aux avalanches et aux tempêtes. En particulier, l'OFEV assure le suivi des projets de protection contre les crues au niveau fédéral et octroie des indemnités (subventionnements) des mesures qui en résultent. Suite aux restrictions actuelles des moyens financiers, aussi bien de la Confédération que des cantons et des communes (en 2004, l'Office fût pour la première fois dans une situation de ne pas disposer d'assez de moyens pour subventionner les projets approuvés dans l'immédiat), les aspects économiques prennent une place de plus en plus importante dans la planification. Il devient par conséquent nécessaire de procéder à une sélection de projets prioritaires et de mettre en attente le subventionnement des projets moins urgents. Pour cela, il est indispensable d'utiliser un moyen objectif et compréhensible pour procéder à une ACB des projets. En vue d'harmoniser et de faciliter ces analyses, notre Office met à disposition une aide de travail standardisée, basée sur des scénarios liés à des durées d'occurrence des crues. Cet outil est en pleine évolution avec l'objectif d'appliquer cette méthode sous forme d'un logiciel convivial pour évaluer tous les projets de protection contre les inondations, les laves torrentielles, les chutes de blocs, les glissements de terrain et les avalanches.

L'enjeu actuel est de disposer d'un moyen objectif et compréhensible pour procéder à une ACB. Pour qu'une priorisation des moyens d'investissements puisse se baser sur un examen conforme aux objectifs d'une politique cohérente de protection contre les crues, le bénéfice ne peut pas uniquement se limiter aux gains de sécurité exprimés en termes matériels. Nous sommes en train de définir parallèlement des méthodes pour standardiser l'évaluation des gains environnementaux et sociaux. Pour l'instant nous disposons d'un moyen pragmatique pour évaluer le potentiel des dommages financiers avant et après les mesures et déterminer les bénéfices monétaires en fonction des coûts du projet.

L'ACB fait partie obligatoire des projets présentés pour des demandes de subventionnement de la Confédération. L'évaluation de la diminution des risques est un élément indispensable d'un projet de protection contre les dangers naturels. Nous exigeons que l'examen des dangers potentiels soit entrepris 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. De ces deux scénarios résultent les cartes d'intensité qui montrent l'extension des zones inondables, la hauteur d'inondation et, selon le niveau de la modélisation effectuée, la vitesse et les directions de l'écoulement.

La grandeur des dégâts est exprimée en nombre de morts ou en somme d'argent, reliés avec la probabilité d'occurrence et cet événement. Cette relation est représentée par un diagramme où le potentiel annuel de dommage ou « risque » correspond à la surface sous la courbe. Le terme « bénéfice » des mesures envisagées correspond à la diminution des risques. Un ensemble de mesures efficace diminue la probabilité de dépassement des dégâts correspondant à un nouveau graphique. Les coûts se composent de coûts d'investissement (liés à la réalisation des



mesures, ils n'apparaissent qu'une fois) et de fonctionnement (pris en compte pendant toute la durée de vie des installations).

Une méthode standardisée d'ACB permet de classer les projets en deux catégories et d'allouer les moyens disponibles en deux tranches : les projets de première priorité (3/4 des moyens) et les projets de seconde priorité (1/4 des moyens).

En calculant la relation entre le bénéfice et l'annuité, on peut déterminer l'efficacité des mesures prévues et fournir ainsi un élément de première importance pour les prises de décision. Des valeurs inférieures à 1 montrent que les mesures prévues sont trop chères ou les gains de sécurité insuffisants. De tels projets ne peuvent pas être considérés comme projets de protection contre les crues. Notre Office ne subventionne pas des projets avec un rapport bénéfices-coûts en dessous de 1. Si le rapport se situe entre 1 et 2, les projets seront automatiquement classés en deuxième priorité. Avec un rapport supérieur à 5, les projets seront, sans autres exigences, classés en première priorité. Pour les rapports entre 2 et 5, des études plus approfondies sont nécessaires pour évaluer les besoins sociaux ou environnementaux qui justifieraient de les classer en première priorité et de les réaliser dans l'immédiat.

Méthodologie pour une application standardisée dans les projets : notre Office met à disposition un fichier Microsoft Excel sous forme d'un modèle avec des macros (Méthode OFEV\_dégâts potentiels 2.1 téléchargeable sur le site). Les cartes d'intensité servent de base pour les calculs. Elles montrent 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'objets qui sont utilisés comme prix unitaires. Nous sommes conscients que ces prix unitaires sont et resteront toujours contestables. Chaque événement peut avoir d'autres effets dommageables, chaque bâtiment peut avoir une vulnérabilité particulière. Faute de mieux, les montants que nous utilisons sont basés sur les valeurs indiquées dans un document élaboré par l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et des Paysages appelé « Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren ; Umwelt-Materialien Nr. 107/II ; BUWAL ». Ils représentent pour l'instant les seules valeurs standardisées (en francs suisses) sur toute la gamme d'objets considérés. L'utilisateur ne peut pas modifier ces valeurs, il a cependant la possibilité d'introduire des montants spécifiques au territoire étudié sous la rubrique « objets spéciaux ». Dans ce cas, il est indispensable de fournir les documents qui prouvent la plausibilité des valeurs introduites. Une fois tous les éléments introduits pour les scénarios étudiés, on reçoit un résumé des résultats par scénario et un comparatif graphique des dangers potentiels étudiés. Si les cartes d'intensité ont été réalisées pour les cas avant et après la réalisation des mesures, la diminution des dégâts potentiels peut aussi être présentée graphiquement.

La relation bénéfices-coûts du projet peut être déterminée de différentes façons : soit en comparant la diminution des dégâts lors d'un événement centennal et d'un événement extrême par rapport au coût de réalisation des mesures de protection ; soit par l'approche complète impliquant une étude des scénarios plus approfondie et l'application de paramètres économiques (durée de vie de l'ouvrage, taux d'emprunt...). Les points forts de cet outil sont que l'ACB devient transparente et facile d'utilisation, les calculs et la présentation des résultats sont standardisés. Déjà, à un stade précoce du projet, on peut déterminer les dégâts potentiels actuels. Avec cela, on peut obtenir un ordre de grandeur pour les coûts de projets qui seront justifiables et ainsi approfondir des études de variantes trop coûteuses. La comparaison des dégâts potentiels, des différents dangers naturels et des mesures correspondantes est également facilitée. Parmi les points faibles on peut citer les suivants : le logiciel en élaboration devant être utilisé pour tous les projets visant tous les dangers naturels,

les paramètres mis en jeu deviennent multiples et il est difficile d'éviter que l'application devienne une « boîte noire » offrant trop de possibilités permettant de falsifier le résultat. Les prix unitaires présentent des incohérences parfois incompréhensibles, il sera nécessaire de les réviser. Enfin, nous ne disposons pas encore d'assez d'exemples d'application pour vérifier la cohérence entre les différentes zones d'utilisation et les différents dangers naturels.

Deux exemples ont été exposés : l'un montrant les résultats pour une zone inondable en plaine (Thun), l'autre pour une zone sur un cône de déjections torrentielles en montagne (Brienz).

Conclusion : contre les crues la méthode est largement utilisée depuis 2 ans (expérience acquise), l'outil est généralement bien accepté et les résultats sont plutôt fiables en ce qui concerne les dégâts matériels. Les aspects économiques sont un facteur clé et il est à présent possible de mettre en place des méthodes valables pour évaluer les risques. Il ne faut cependant pas oublier que d'autres valeurs existent.

### **Gestion intégrée du risque d'inondation : optimisation économique, méthodes et pratiques en Allemagne**

*Prof. Raimund Schwarze (Innsbruck U.)*

L'ACB est pleinement installée en Allemagne depuis les années 70 mais largement ignorée dans la pratique. C'est une nécessité légale formelle pour tout ce qui concerne les dépenses publiques d'ordre général. C'est également une stipulation légale formelle pour toutes les mesures de protection contre les inondations subventionnées par des fonds publics. Nous pouvons remarquer que la pratique de l'ACB gagne en importance avec la décroissance des budgets publics (ce qui a un sens d'un point de vue de la logique économique si l'on occulte les mesures minimales ou singulières pour lesquelles se pose le problème des coûts de transaction).

Une gestion intégrée du risque d'inondation se fonde sur l'inondation la plus importante qui doit être considérée lors de la construction d'une structure hydraulique (réservoir de détention). Généralement représentée par une période de retour spécifique d'un événement d'inondation (100 ans ou une probabilité d'inondation de 1%), elle est souvent stipulée par des normes techniques ou des standards (DIN ou DWA). Elle est quelques fois restreinte par des considérations de planification urbaine ou écologique. Dans tous les cas, cette gestion intégrée doit être faite sur la base d'une ACB. Un guide a été publié en 2005 par l'agence de protection de l'environnement de Baden-Wuerttemberg (LfU) pour aider à la mise en œuvre de ces méthodes. On y traite notamment de l'estimation des dommages potentiels, des mesures de protection contre les inondations, de l'ACB et des moyens de déterminer la gestion intégrée du risque d'inondation optimale. L'estimation des dommages espérés (moyenne des dommages annuels) se fonde sur l'hydrologie et l'hydraulique. On utilise des enquêtes et des classifications de tous les bâtiments exposés. Les dommages pour chaque bâtiment sont estimés en fonction de la hauteur de l'inondation (fonction de dommage-hauteur). On obtient alors le dommage total pour l'ensemble des bâtiments (par période de retour) puis une estimation des dommages espérés (moyenne des dommages annuels).

Exemple : Uerzig borde directement la rivière Mosel sur la pente escarpée d'une colline, elle est protégée des inondations annuelles. Le niveau actuel de protection est limité à un événement d'inondation biennuel. Une enquête sur les dommages a été effectuée puis un concept de protection contre les inondations a été proposé (murs mobiles de protection, digues associées ou non à des murs mobiles, station de pompage). On a alors défini les dommages espérés en fonction de la gestion intégrée du risque choisie et évalué les bénéfices associés.

L'ACB appliquée au concept de protection contre les inondations est assez bien établie en Allemagne. Toutefois, une procédure standardisée reste nécessaire pour effectuer l'estimation des dommages ainsi qu'une mise à jour et une amélioration de la base de données nationale (HOWAS) et un guide permettant d'inclure des types de dommage additionnels. Les bénéfices sont représentés par les dommages évités grâce à la gestion intégrée mise en œuvre (quels effets sur les dommages résiduels ?). Dans tous les cas, les méthodes doivent être aussi complexes que nécessaire, mais aussi simples que possible !

**Application de l'analyse coûts-bénéfices aux risques d'inondation aux Pays-Bas**  
*Erik Mosselman (Senior advisor-researcher, Delft Hydraulics & Researcher, Delft Technical University)*

Le territoire des Pays-Bas étant situé pour moitié en-dessous du niveau de la mer à marée haute, l'histoire de ce pays est fortement liée à la lutte contre les eaux. La marée de tempête catastrophique du 1<sup>er</sup> février 1953, qui provoqua 1836 morts, fut le tournant de la gestion des risques d'inondation aux Pays-Bas.

On décida de déterminer le niveau de protection contre les eaux d'après les résultats d'une ACB. Le gouvernement installa le Comité Delta, dont l'économiste Tinbergen -futur lauréat du prix Nobel- faisait partie, afin d'optimiser économiquement la protection contre les eaux. L'analyse du Comité Delta culminait dans l'article de Van Danzig (1956), qui cherchait un optimum économique entre les dégâts potentiels et les investissements pour les éviter en estimant les dommages en cas d'inondation, la diminution de la probabilité d'inondation en fonction des investissements et l'effet de ces investissements sur les dégâts. Le coût d'un renforcement de toutes les digues se trouvait plus ou moins équivalent au coût d'une solution basée sur le raccourcissement des digues à renforcer de 700 km par la fermeture des embouchures des estuaires du delta. Ce sont les bénéfices procurés par la création de grands bassins d'eau douce, favorables à l'agriculture, qui firent décider de fermer les embouchures.

Désormais, l'ACB est bien établie dans la gestion des risques d'inondation aux Pays-Bas. Pourtant, les discussions sur son application n'ont jamais cessé. La détermination de la probabilité d'inondation ne dépend pas seulement des probabilités de niveaux d'eau extrêmes, qui impliquent déjà des difficultés considérables, mais aussi des probabilités d'autres causes d'inondation (renard hydraulique, fermeture tardive d'une écluse). Un problème dans l'estimation des dommages en cas d'inondation est que les dommages potentiels augmentent avec l'accroissement du niveau des investissements dans les zones à risque. Le taux néerlandais de cet accroissement a été bien au-dessus des 2% utilisés par Van Danzig. De plus, les dommages sont influencés par la conscience des risques. Une forte conscience provoque la prise de mesures de préparation qui diminuent les dégâts en cas d'inondation. Cependant, la conscience du risque pourrait aussi freiner le développement économique local en effrayant des investisseurs potentiels. L'expérience d'avoir été inondé antérieurement est le facteur principal pour une forte conscience individuelle du risque. La conscience collective peut être renforcée par les conditions d'assurance. Un problème spécifique est l'estimation de la valeur d'une vie humaine. Mises à part les objections morales, on propose actuellement une valeur de 2,2 millions d'euros par personne aux Pays-Bas. Normalement cette valeur est relativement basse à l'égard d'autres dommages en cas d'inondation. Mais comment apprécier le risque de groupe ? Un désastre de 10.000 morts pourrait être bien plus grave que dix fois un désastre de 1.000 morts, parce qu'il comporterait une augmentation disproportionnée du bouleversement social.

Bien que l'ACB soit rationnelle, elle ne donne pas toujours les meilleurs résultats. Tout d'abord les résultats dépendent fort de la précision des données, requérant souvent une précision qui n'est pas réalisable. Ensuite, les valeurs économiques ont peu d'importance si les dommages impondérables sont considérés les plus importants. On pourrait décider, par exemple, qu'une certaine probabilité de perdre des vies humaines n'est pas acceptable d'un point de vue moral, coûte que coûte. Enfin, n'oublions pas la force d'une vision à long terme. Si, à l'époque, les décisions avaient dépendu des ACB, on n'aurait jamais connu le métro de Paris.

Sur le plan européen, l'ACB sera un élément essentiel dans la mise en œuvre de la nouvelle Directive du Parlement Européen et du Conseil relative à l'évaluation et à la gestion des inondations. Le projet FLOODsite y développe des méthodes.

Expériences personnelles hors Europe : dans les pays asiatiques, les projets sont payés par la Banque Asiatique du Développement qui a le désir de protéger une berge quand il y a un village à risque à proximité. Souvent, la valeur du village est trop faible par rapport au coût du projet, il faut alors s'arranger avec les bénéficiaires pour rendre l'ACB positive. Par exemple, si le projet consiste à créer un épi, on va ajouter la conquête de terres aux bénéficiaires attendus du projet. Dans ce cas, plus la taille de l'épi augmente, plus les bénéficiaires augmentent, on arrive alors parfois à des projets disproportionnés. L'ACB a ses dérives et il ne faut pas oublier que ce n'est qu'une des méthodes applicables, il faut tenir compte de son acceptabilité d'un point de vue moral et avoir une vision à long terme.

En ce qui concerne la vision à long terme, on peut prendre l'exemple du Bangladesh : la crue de 1998 a inondé 60% du territoire, dont l'aéroport, ce qui empêcha Mme Mitterrand de rentrer à Paris. Au sommet du G7 à Paris, en juillet 1989, ainsi qu'à la Conférence de donateurs internationaux de décembre 1989, la France a décidé d'aider le pays en donnant de l'argent (jusqu'ici le pays ne recevait plus rien à cause du régime militaire en place) et fut suivi par d'autres pays. Le projet français initial était pharaonique et a dû être modifié, d'autant que les risques principaux au Bangladesh ne sont pas les inondations mais l'érosion et le dessèchement. Bien que les idées originales n'étaient pas faisables, il y a eu une amélioration de la protection contre les risques naturels et un bénéfice additionnel avec la création d'entreprises locales spécialisées (modélisation mathématique, télédétection et analyses multidisciplinaires).

## Questions et débat

**Question** : n'y a-t-il pas un problème de décalage entre théorie et pratique ? Qu'en est-il de la participation des agents ?

On a l'habitude de prendre les décisions tout seul pour le bien de tous, mais les agents sont de plus en plus demandeurs de transparence. On a donc besoin d'un modèle qui puisse être utilisé par les ingénieurs (justement pour résorber ce décalage entre théorie et pratique) et donc qui doit être standardisé.

La vraie question qui se pose est de savoir si la protection est d'ordre public et quand devient-elle d'ordre privé ? Dans quelle mesure la participation des agents est-elle alors appropriée ? Cela dépend des cas. S'il y a un dommage, les agents veulent une réaction immédiate, or la consultation prend du temps. Il y a également une différence entre les problèmes liés aux fleuves et ceux liés à la mer : les agents sont plus intéressés dans le cas des fleuves, c'est pourquoi il y a plus de procédures qui les concernent dans ces cas là.

Il faut rappeler qu'il s'agit d'une action collective. Le financement dépasse souvent les capacités d'un bassin versant d'où la nécessité d'une subvention à l'échelle nationale. Se pose alors la question de l'efficacité des actions au niveau local, or la participation est plutôt locale.

Question : Y a-t-il des limites dues à la collecte d'informations quand l'échelle est importante (bassin versant) ? Car, en ce qui concerne les grands réseaux comme l'eau ou l'électricité, on rencontre également des problèmes d'évaluation des coûts et des bénéfices, on n'a pas d'ordre de grandeur du fait de la rétention d'informations de la part des grandes sociétés privées.

En Angleterre, dans le cas des inondations, cela peut effectivement conduire à de gros problèmes de production car celle-ci est à présent très spécialisée et donc très localisée, ce qui modifie le point de vue des personnes concernées. Tout dépend alors du degré de spécialisation.

Le problème en Europe c'est que si une inondation pose des problèmes à Renault, cela peut être une bonne chose pour ses concurrents européens ; dans ce cas, l'ACB préconise de ne pas intervenir. Il s'agit là du double problème du choix des limites de l'ACB et du problème des transferts qui ne sont pas considérés comme des pertes. La question est alors de savoir comment choisir les limites du système. Les pertes économiques ne sont généralement pas difficiles à calculer mais il n'y a pas de règles standardisées à ce sujet, les résultats sont donc hétérogènes. En ce qui concerne les coûts financiers indirects, l'évaluation est tellement complexe que ce n'est pas près d'être intégré dans la pratique quotidienne.

De toute façon c'est une question de point de vue de la personne qui effectue l'ACB. En Suisse il s'agit d'un organisme fédéral, la question des valeurs indirectes ne se pose donc pas car si un projet a un impact indirect négatif, par exemple sur le tourisme, on sait que ce n'est pas à l'État de subventionner le tourisme. La limite dépend alors de la personne qui effectue l'ACB ou qui en est bénéficiaire.

Question : comment comparer les inondations aux autres risques ?

C'est vrai qu'il existe une différence importante entre les différents risques. Pour les glissements de terrain, par exemple, il n'y a pas de probabilité d'occurrence comme c'est le cas pour les inondations ou les avalanches. Mais de toute façon comment peut-on se protéger contre un tel risque ? Le choix de quitter la zone est alors souvent le moins coûteux.

### **Risques naturels et analyse coût/avantage : le cas de Séchilienne**

*Michel Badré (Ministry of Environment/General Inspectorate)*

Le phénomène « Séchilienne » est celui d'un versant rocheux en mouvement avec de nombreuses crevasses qui s'élargissent. Le risque encouru est celui de la création puis de la rupture d'un barrage entraînant une forte inondation à l'aval. Cela suppose des enjeux humains et économiques très importants (humains et économiques à l'aval du fait de l'inondation, mais aussi économiques à l'amont à cause des éventuelles coupures d'accès).

Depuis la découverte du phénomène en 1985 et jusqu'en 2004, des mesures immédiates ont été prises : première déviation de la route et mise en place de capteurs permettant un réseau de mesure en continu des mouvements du versant. Des études et expertises diverses ont été menées. La Loi Barnier de 1995, en autorisant les expropriations en cas de risque naturel, a permis l'évacuation de l'Ile Falcon.

La mission IGE/CGPC 2004 avait pour objet de répondre aux questions posées par le MEDD et l'Équipement : clarifier les aléas et les enjeux (études hydrologiques et géologiques), définir une approche « coût/avantage » des parades, permettre une comparaison avec d'autres sites, prendre en compte la perception des acteurs et définir les possibilités envisageables pour la maîtrise d'ouvrage et des financements. Des expertises de natures différentes ont été utilisées par la Mission IGE CGPC 2004-2005 : rapports du Collège d'experts « Panet » (du nom du géophysicien mandaté par le MEDD pour mettre sur pied un groupe d'experts afin d'étudier le phénomène et de déterminer des moyens d'intervention), avis du Groupe d'appui à la mission IGE-CGPC, données physiques résultant du suivi permanent du CETE, études socio-économiques locales, etc..

Les contraintes et les questions de base proviennent du fait que l'on traite de phénomènes ayant des probabilités très faibles et des enjeux très forts (cela revient à multiplier zéro par l'infini et les résultats sont clairement incertains). Il existe également une incertitude sur l'échéance et l'enchaînement des événements (on se fonde sur les rapports du Collège d'experts), l'aléa est complexe car il n'y a pas de statistiques sur les éboulements. Les données sur la vulnérabilité sont insuffisantes (variées et non cohérentes).

En outre, il s'agit d'un aléa géologique séquentiel, non reproductible. On sait qu'il y a trois millions de mètres cube (environ) qui risquent de tomber mais on ne peut prédire ni quand, ni où, ni de quelle manière cela va se répartir. De plus, on ne connaît pas bien la relation entre éboulement et crue, qui dépend fortement du contexte (la probabilité d'éboulement est liée à celle d'une forte pluie).

L'objectif de la mission était donc de mieux comprendre les aléas et les enjeux humains et économiques afin de déterminer les meilleures parades (routières et hydrauliques) à mettre en œuvre. Pour ce faire, on dispose de données issues d'expertises hydrauliques ainsi que de celles inscrites dans les deux rapports Panet de 2000 et 2003, du groupe d'appui, des études effectuées par la DDE, EDF et GIPEA ainsi que de justifications fondées sur la base de comparaisons et de rentabilité économique.

Deux types de parades étaient envisagés : les déviations routières, mettant la route à l'abri des inondations et de l'éventuel enfouissement sous l'éboulement, et les parades hydrauliques, destinées soit à contenir l'onde de crue formée en cas de rupture d'un petit barrage formé par un éboulement pas trop important (endiguement de la Romanche à l'aval du site), soit à empêcher le remplissage de la retenue en cas d'éboulement plus important (galerie de vidange de fond, disposée à l'emplacement de l'éventuel barrage naturel)

Quatre scénarios d'aléas ont ensuite été comparés, fondés sur la cote du lac formé, (résultant du volume de blocs), en prenant en compte pour chacun le volume d'eau et l'échéance annoncée par les experts. Les enjeux ont ensuite été chiffrés : en ce qui concerne les effets de l'onde de crue sur les enjeux humains s'est posé le problème classique de la valeur de la vie humaine avec, en plus, le fait que le résultat dépend beaucoup du système d'alerte et du plan d'évacuation en place. Compte tenu de la difficulté à connaître les risques humains réellement encourus, nous avons préféré ne pas en tenir compte, ce qui sous-estime largement la rentabilité des parades : le but était en effet de définir des valeurs approchées par défaut du rapport bénéfice/coût, pour chaque parade.

Concernant les enjeux économiques (patrimoine bâti, industrie et coupure de route), la situation était a priori plus favorable car des données étaient disponibles (cadastre numérisé, et études d'inondabilité par niveau d'aléa). Nous avons donc pu effectuer un chiffrage et une modélisation. Cependant, les résultats sont avérés très médiocres, probablement très surestimés, ce qui nous a conduits pour la même raison à les minorer fortement.

⇒ Nous avons fait le choix de minorer les évaluations de dommage, afin de définir des valeurs par défaut et non par excès de la rentabilité des parades

Un tableau de liaison entre le niveau d'aléas, les parades adaptées correspondantes, et le dommage évité par ces parades, a été établi : on voit que la déviation et le dispositif de contention fonctionneraient sur des petits éboulements, les plus probables à court terme, mais seraient sans effet sur de gros éboulements, considérés comme possibles à plus long terme. Le résultat contraire est obtenu concernant la mise en place d'un tunnel routier ou d'une galerie permettant le passage de l'eau.

Il existe deux approches « coût/avantage » : une approche qualitative où l'on prend en compte les risques humains, psychologiques, juridiques et politiques et où l'on fait une comparaison avec d'autres cas; une approche quantitative où l'on traduit en probabilité les termes des géologues afin de calculer un dommage évité probabilisé et actualisé à l'année de prise de décision, pour chaque parade, et de tester la sensibilité.

Les principes de calcul pour l'approche quantitative consistent à comparer (raisonnement d'assureur) le coût de la parade à la réduction des dommages, probabilisée en fonction des aléas et actualisée. Les données nécessaires à ce calcul sont les dommages (par niveau d'aléa) avec ou sans parade et une loi de probabilité représentative de chaque aléa. Afin de probabiliser et d'actualiser le dommage (non reproductible) on utilise les règles statistiques : l'aléa entraîne un dommage D ayant une probabilité annuelle initiale de p (non reproductible = tirage sans remise) et pouvant se produire chaque année t. Le taux d'actualisation étant

indiqué par i, le dommage probabilisé actualisé à l'année 1 est : 
$$D_p = \sum \frac{p(1-p)^{t-1} D}{(1+i)^t}$$

Le taux d'actualisation i a été pris égal à 4%. On utilise les données des rapports du collègue Panet afin de déterminer p pour chaque scénario (on continue dans une optique de minimisation de la rentabilité) puis on effectue des tests de sensibilité sur les valeurs de D et de p (les résultats obtenus n'étaient pas très sensibles).

D'après nos résultats, la déviation est rentable en toute hypothèse, le projet est à présent en cours de réalisation. En ce qui concerne la galerie hydraulique, le dommage évité probabilisé, calculé comme indiqué ci-dessus, est également largement supérieur aux coûts, bien que ses effets sur la sécurité des personnes, la coupure de la route et les scénarios plus lourds aient pourtant été négligés. La Mission a donc proposé sa réalisation. Du fait de l'implication de maîtres d'ouvrage multiples, des discussions sont en cours entre les responsables locaux pour préparer la décision.

Des avancées ont donc été faites concernant la méthodologie de passage entre aléa/probabilité et parade/réduction de dommage, l'identification des sources d'incertitudes majeures (loi de probabilité simulant les aléas et chiffrage des enjeux) et la perception des acteurs locaux. Néanmoins, certaines questions se posent encore : comment intégrer la sécurité des personnes ? (importance des plans de secours) et comment hiérarchiser ? (sur la France entière, quels sont les travaux de protection les plus urgents ? Quels sites prendre en compte ? Quels aléas ?).

*Questions* : est-ce que le fait que les données scientifiques soient floues pose un problème ? Qu'en est-il du dialogue avec les acteurs et de la place du calcul économique dans ce dialogue ?

Effectivement, le manque de données est un réel problème dans ce genre d'exercice. Le dialogue avec les acteurs est essentiel, même s'il est vrai que cela prend du temps, ne pas le

faire peut prendre encore plus de temps ! Cela est nécessaire si l'on souhaite obtenir un consensus de tous les acteurs et limiter les conflits. Quant au calcul économique, il permet de rassurer les gens dans le dialogue, même lorsqu'on leur fait part des limites de la méthode.

## **Prévention des inondations dans le bassin versant de la Meuse**

*Christophe Lescoulier (BCEOM)*

Le bassin de la Meuse française correspond à environ la moitié de la longueur totale de la rivière. Trois pays sont concernés (France, Belgique, Pays-Bas), cinq départements (Haute-Marne, Vosges, Meurthe et Moselle, Meuse et Ardennes) et deux régions (Lorraine et Champagne-Ardenne).

Les crues sont fréquentes : dans les Ardennes (janvier 1991, décembre 1993 et janvier 1995) ; dans la Meuse et les Vosges (avril 1983, janvier 1995 et janvier 2002). La problématique des inondations est donc très présente et dévastatrice (la crue de 1993 a fait 1 mort et 120M€ de dégâts, la crue de 1995 a fait 9 blessés et 245 M€de dégâts).

L'étude générale effectuée avait pour objectifs d'estimer les risques et les enjeux liés aux crues, de rechercher en conséquence les aménagements les plus adaptés pour réduire l'impact des inondations à l'échelle du bassin versant, de disposer d'un outil de modélisation permettant d'étudier des scénarios d'aménagements et de mettre en place un modèle de prévision des crues opérationnel en temps réel.

Le modèle d'écoulement hydraulique a été construit pour les 480km de vallées de la Meuse modélisés par le biais de 3 000 casiers (la topologie en casiers permettant de représenter les différentes directions d'écoulement ainsi que tous les obstacles à l'écoulement). Pour que le modèle reproduise fidèlement la réalité, il a été calé sur les trois crues historiques représentatives des crues types de la Meuse (janvier 1995, décembre 1993 et avril 1983). Les données n'étant pas centralisées, la collecte des données a été fastidieuse car nous avons dû aller les chercher auprès de différents acteurs. Le modèle obtenu permet de représenter l'écoulement des crues en état actuel de la vallée ou en situation projetée d'aménagement. On peut ainsi obtenir, pour chaque casier et à chaque instant de la crue, des informations sur les cotes d'eau, les débits, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion. Le SIG permet ensuite de traduire automatiquement ces résultats sous forme cartographique.

Le diagnostic sous SIG se fait à partir des cartographies de l'aléa hydraulique, de la vulnérabilité (tracé sur les 174 communes riveraines) et du risque. La collecte des données pour l'évaluation économique a été faite auprès de nombreux partenaires (Préfectures, Conseils Généraux, DDE, DDAF, CCI, EDF-GDF, SNCF, France Télécom...). Nous avons ainsi eu accès aux données de base concernant l'habitat individuel (coûts immobilier, mobilier, de nettoyage) de façon à estimer les coûts totaux moyens pour les habitations touchées au rez-de-chaussée.

L'évaluation du coût des dommages inondations a été effectuée à partir de fonctions de coût surfacique (à chaque type d'occupation du sol identifié dans la carte de vulnérabilité est associé un coût surfacique des dommages engendrés par les crues en fonction de la hauteur de submersion – principal facteur de variation dans le cas de la Meuse). Le croisement sous SIG entre l'aléa hauteur d'eau et la vulnérabilité associée à ces fonctions de coût, permet d'estimer le coût des inondations des crues de la Meuse, en l'état actuel de la vallée ou en situation projetée d'aménagement, sur l'ensemble des vallées modélisées ou sur une portion de vallée choisie. De même que le modèle hydraulique, le calcul du coût est calé sur celui des crues historiques récentes. Le modèle de coût obtenu permet d'estimer le coût des crues



caractéristiques de la Meuse pour chacune des 174 communes riveraines et sur l'ensemble du bassin, le coût moyen annuel des crues et l'opportunité économique d'aménagement.

Des aménagements pour réduire les inondations permettent de réduire les cotes d'inondation des crues faibles aux crues exceptionnelles. Les croisements entre aléa hydraulique, occupation du sol et coût des dommages permettent, sous SIG, de calculer le coût des crues caractéristiques dans l'état initial et après aménagement, de comparer de façon automatisée ces coûts entre différents projets afin d'identifier le plus intéressant sur le plan économique, d'estimer le retour sur investissement prévisible du projet par la comparaison entre la réduction du coût moyen annuel des crues obtenue et le coût du projet.

Dans cette étude, les problèmes rencontrés étaient principalement liés aux difficultés dans la collectes des données (disparités) et dans l'élaboration des fonctions de demande (coûts liés aux activités directes et indirectes : des enquêtes ponctuelles sont nécessaires), à la problématique de sur-inondation (en particulier pour l'activité agricole : nécessite une approche beaucoup plus fine) et à l'absence de prise en compte des dommages intangibles.

L'intérêt de l'outil économique est qu'il permet une hiérarchisation des travaux en fonction de leur rentabilité économique à l'échelle du bassin versant, une comparaison facilitée par l'ACB entre plusieurs alternatives d'aménagement au niveau local et, en particulier pour les bureaux d'étude, de peser davantage face aux pouvoirs politiques.

Il convient par ailleurs de mentionner une étude réalisée par la D4E sur les communes de Charleville-Mézières et Warcq. Elle porte notamment sur l'influence de la situation en zone inondable sur les prix des logements (méthode des prix hédonistes) et sur le consentement à payer de la population pour une diminution du risque inondation (évaluation contingente).

Le rapport de cette étude est disponible sur le site du MEDD, à l'adresse suivante :

<http://www.ecologie.gouv.fr/Benefices-economiques-de-la.html>

### **Synthèse d'exemples français**

*Frédéric Grelot (Cemagref, UMR G-EAU)*

L'ACB est la méthode la plus utilisée en évaluation économique de projets d'investissement. Son principe est simple : comparer divers scénarios d'action entre eux, ou par rapport à une situation de référence, sur la base d'une mise en balance des coûts et des bénéfices attendus actualisés dans le temps. D'autres méthodes existent, telles que l'Analyse coûts-efficacité et les Analyse Multi Critères, mais nous ne les développeront pas ici.

#### Historique de la pratique de l'ACB :

Entre 1967 et 1977 des travaux méthodologiques ont été entrepris, notamment par des ingénieurs tels que Maistre et Siméon, par le BCEOM (Bureau Central d'Études pour les Équipements d'Outre-Mer). Les méthodologies développées, basées sur une évaluation des dommages permettant le calcul de l'optimum économique des ouvrages, avaient le soutien du Ministère chargé de l'équipement.

En 1982, une nouvelle loi instaure le Cat-Nat et les PER (Plans d'Exposition au Risque). L'application de ces outils réglementaires implique l'émergence d'une pratique (de 1982 à 1995) de cartographie en lien avec l'ACB : une cartographie du risque est demandée aux services instructeurs, combinant les cartographies de plusieurs niveaux d'aléas et de la vulnérabilité. Pour appuyer cette pratique naissante, une méthodologie d'estimation de la vulnérabilité est mise en place (SAGERI, 1988). Toutefois, le constat est fait que les PER ne

sont pas fait dans les règles de l'art (études de vulnérabilité souvent négligées) ; la lourdeur de La démarche est pointée comme une des causes principales au faible développement des PER. En 1995 cet outil est remplacé par les PPR (Plan de Prévention des Risques naturels). La démarche de cartographie est simplifiée : la réglementation s'appuie essentiellement sur une cartographie d'un seul niveau d'aléa.

Les principaux cas pratiques étudiés ici datent de la période 1990 à nos jours. Ils sont principalement le fait de bureau d'études avec une compétence initiale en ingénierie hydraulique. L'apport de la recherche (entre 195 et 2007) est plutôt limité (CEREVE, Cemagref Lyon puis Montpellier et quelques apports ponctuels avec Rio, EPR et RDT).

#### Historique de l'acquisition des données nécessaires à l'ACB :

De 1976 à 1985 un recueil systématique des dommages est organisé par le Ministère chargé de l'environnement. Suite à un constat du BCEOM d'une inadéquation entre les données recueillies et les besoins pour l'ACB, ce recueil est abandonné à partir de 1985

Bien que le système soit souvent mobilisé, la mise en place de Cat-Nat ne s'accompagne pas d'un recueil systématique de données sur les dommages. Seuls sont accessibles des rapport ponctuels sur des grands événements à une échelle incompatible avec leur utilisation pour parfaire la connaissance sur la vulnérabilité des enjeux aux inondations nécessaires à la pratique des ACB basées sur les dommages évités. Les seules possibilités d'accès aux données impliquent un travail fastidieux de recueil auprès des sociétés d'assurances, mutuelles ou de cabinets d'experts d'assurances (avec des accords au coup par coup).

⇒ Difficile de récupérer des données autres qu'à une échelle trop grande pour être utilisées.

Les retours d'expérience suite aux événements sont une autre source de données potentielle. Entre 1988 et 2007 on a un retour d'expérience par événement (au cas par cas comme avec Nîmes en 1988 ou l'Orb en 1995) et, depuis 1999, des missions de retour d'expérience (Aude 1999, Bretagne 2000 et 2001, Somme 2001, Gard 2002 et Rhône 2003) avec un volet dommage mais contenant des données non adaptées à la construction de courbes d'endommagement (l'échelle ne correspond pas).

#### Quel champ d'application pour l'ACB ? Quelle action publique évaluer ?

- La politique réglementaire : *a priori* utile pour évaluer la position du curseur développement territorial et prévention des risques mais le contexte n'est pas propice car ce n'est pas dans l'esprit du PPR.
- Les systèmes de mutualisation (Cat-Nat ou calamités agricoles) : a-t-on intérêt à passer à un système assurantiel ? À assouplir le critère de solidarité ?
- Le système de gestion de crise et l'information préventive : avec la mise en place d'une « culture du risque », la mesure de réduction de la vulnérabilité et le retour à la normale (et toutes les actions allant dans ce sens) sont-ils laissés pour compte ?
- Évaluation *a priori* des projets d'aménagement : la plupart des ACB sont faites dans ce but.

Une distinction est nécessaire entre estimation et évaluation, parce qu'elle a un sens pour les gestionnaires de bassin :

- l'estimation (de l'exposition au risque d'un territoire) tente de calculer une vulnérabilité particulière des territoires en fonction de leur exposition (fréquence, occupation des sols...) ;
- l'évaluation a pour objet d'estimer ce que vaut le fait de passer de l'étape initiale à l'étape projet.

### Etat des lieux de la pratique de l'ACB en France

L'évaluation *a priori* des projets d'aménagement est loin d'être systématique. La pratique n'est pas homogène sur le territoire, il y a quelques études « phare » sur les grands bassins (Seine, Loire, Meuse...) et une multitude de projets sans évaluation économique. Cela dépend des cas de figure : l'aménagement décidé peut répondre à une « défaillance » passée. Le niveau de protection est décidé (comment ?), une solution technique est choisie puis justifiée (plutôt sur des critères hydrologiques). Si la situation est trop complexe pour qu'une solution technique se dégage alors on décide d'un niveau de protection (comment ?) et on envisage plusieurs solutions techniques que l'on compare (critères hydrologiques, représentation des enjeux et parfois une évaluation économique). Le niveau de protection est très rarement discuté.

En ce qui concerne la pratique française, la méthode privilégiée pour le calcul des bénéfices est celle de l'estimation des dommages évités. Une alternative consiste à déterminer un bénéfice théorique (= surplus du bien être mesuré par le consentement à payer des agents).. Il n'existe pas de cadre théorique clair quant à l'utilisation complémentaire des différentes méthodes (fonction de dommages, prix hédoniques, évaluation contingente par exemple).

La pratique française montre que les ACB s'écartent très souvent du cahier des charges idéal pour plusieurs raisons : l'évaluation est souvent partielle (estimation des dommages pour un événement particulier, dommages évités pour un événement particulier, pas d'actualisation) ; l'accès aux hypothèses de calcul n'est pas toujours aisé ; les analyses de sensibilité sont quasiment inexistantes (incertitudes sur les dommages, les coûts et la défaillance des aménagements).

L'accès aux données est un problème souvent pointé : pour l'occupation des sols on utilise des cartographies ad hoc (ou l'on s'inspire des cartographies existantes), les cadastres numérisés et les données de type INSEE (mais généralement non compatibles du fait de l'échelle d'analyse). Pour les données sur les dommages il y a un problème de retour d'expérience sur les événements passés (échelle trop globale et donc incompatible, blocage au niveau des données de type assurance), il n'y a pas de normes guides pour accompagner.

Qu'en est-il de l'apprentissage collectif ? Il n'y a pas de dynamique d'amélioration de la pratique d'évaluation (peu de coordination entre les études, chaque étude a un prototype de portée locale et doit répondre aux mêmes questions méthodologiques– quelle typologie des enjeux ?, quelle échelle spatiale ?...).

### *Intérêts affichés par les utilisateurs potentiels*

- L'ACB semble peu intéressé les décideurs locaux, parce que les critères de choix et le timing ne correspondent pas
- Il existe certaines interrogations de la part des maîtres d'ouvrage. Les ACB se font le plus souvent à leur initiative mais un ordre de grandeur est suffisant, ils sont plus intéressés par le diagnostic de l'exposition du territoire aux inondations et la phase d'estimation des dommages, cela crée un éventuel blocage pour une utilisation locale avec un problème d'échelle et il y a peu de diffusion des analyses effectuées au public.
- Les financeurs sont également et étrangement peu demandeurs : il n'y a pas de conditionnement de l'obtention de subventions à la réalisation éventuelle d'une évaluation (les fonds publics ne sont-ils pas limités en France ?).

### *Conclusions :*

- Un point agaçant est le manque d'utilisation des données Cat-Nat.
- On observe donc un cercle vicieux entre deux grands écueils : il n'y a pas d'obligation à effectuer une ACB de la part des financeurs et donc pas de méthodologie normalisée.

- Le constat répété de l'absence de volonté publique poussant à la pratique d'évaluation économique (1999, 2002, 2003, 2007) est-il définitif ? Qu'en est-il du positionnement par rapport à la Directive européenne « inondations » ?
- Difficultés supplémentaires :
  - l'ACB doit être utilisée dans un cadre complexe (gestion intégrée des inondations pas seulement les projets d'aménagements)
  - Comment concilier l'évaluation économique basée sur les dommages évités et l'estimation de l'exposition, à la fois semblable dans l'esprit mais différentes dans leur exigence ?

## **Questions et débat**

Question : quels sont les avantages et inconvénients de l'ACB appliquée aux risques naturels ?

L'ACB facilite la clarté des décisions et la communication avec les différentes parties prenantes. Cela donne une sorte de légitimité aux décisions prises. Cependant, tôt ou tard on réalise que l'on aurait dû faire autrement : on peut toujours mieux faire dans le choix de l'ordre des programmes mis en œuvre.

Question : qu'en est-il de la diffusion des résultats des ACB ?

En général ce n'est pas un problème pour les personnes responsables, mais il est vrai qu'il y a des données taboues : la valeur de la vie humaine pose des problèmes d'éthique et la responsabilité (civile ou pénale des élus notamment) reste une question de fond qui n'a pas encore été tranchée.

Cette méthode peut aider à débloquent des fonds pour des subventions. En justifiant ces projets par une ACB concluante, cela donne plus de poids pour les défendre et faire pression sur les pouvoirs politiques.

Question : en France il semble difficile d'avoir accès à des données suffisamment fines, notamment par les assurances ; qu'en est-il dans les autres pays ?

En Suisse nous sommes en cours de collecte des données, les assurances détiennent beaucoup d'informations mais ils ont du mal à les transmettre.

Angleterre : les données ne doivent pas être collectées par les économistes tout seuls, ils devraient travailler de concert avec les ingénieurs.

Question : la répartition inégale des coûts et des bénéfices entre les gens pose un problème évident.

Pour généraliser la pratique de l'ACB il faut être dans une optique gagnant/gagnant. Le maître d'ouvrage doit comprendre qui gagne et qui perd pour mieux intervenir. Cela suppose de travailler à une échelle plus fine que celle nécessaire pour effectuer l'ACB (il faut tenir compte des transferts qui ne sont pas pris en compte dans les ACB).

La plupart des études privilégient une approche par les dommages évités or, les effets sur la probabilité et les dommages ne sont pas forcément compatibles avec une ACB. Il existe

différents effets qui font différer les résultats obtenus suivant ces deux méthodes et, notamment, le fait que l'analyse des dommages évités ne tient pas compte des préférences de l'individu face au risque. Il pourrait donc être important, en fin d'analyse, de proposer des ajustements afin d'intégrer ces effets.

*Question :* pourquoi ne pas utiliser un modèle plus simple ? Qu'en est-il de la sensibilité ?

Suisse : le problème de la simplification provient du fait que plus on se limite dans les paramètres, plus on surestime, notamment dans le cas des chutes de pierres. Ceci dit, cela n'est pas trop grave si l'on peut jouer sur la limite entre première et deuxième priorité (si on sait que l'on surestime on peut changer la limite entre les deux).

Les dangers de la sensibilité et de la vulnérabilité viennent de la complexité des relations. Les différents éléments vont avoir des relations différentes en fonction des autres éléments. On fait un test de sensibilité de quelque chose par rapport à quelque chose et en fonction de quelque chose. Cela peut avoir des effets totalement différents voire contradictoires, comment alors les prendre en compte ?

### **Conclusion : utilité de l'ACB pour la prévention des risques ?**

*Michel Ségard (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, DPPR)*

La question que l'on peut se poser concernant la pratique de l'ACB est de savoir Pourquoi l'effet de balancier qu'ont connu les pays « Anglo-saxons » ne s'est-il pas produit en France ? En France, les politiques sont souvent lancées suite à des catastrophes (explosion d'AZF, inondations importantes...), on ressort alors des cartons des idées que l'on n'arrivait pas à placer parce qu'il y a une demande des politiques et une acceptation de la société pour prendre des mesures contraignantes (exemple de la Loi Risques de 2003).

Il y a également des oublis importants, notamment les conséquences environnementales des politiques. La prévention est difficile à faire passer auprès des élus et de la population et ce n'est pas une ACB qui va suffire à convaincre les gens. D'où, peut-être, une sous-utilisation de cette méthode. En outre, l'ACB ne traite pas des transferts or, c'est un problème central dans les cas de risques naturels. C'est important de savoir qui gagne et qui perd, se pose par exemple la question du statut des inondables, si on leur donne un statut particulier cela suppose de prendre en compte les transferts. On peut illustrer cette remarque avec les débats récurrents villes/campagnes où les campagnes reprochent aux pouvoirs publics de les inonder pour protéger les villes.

L'ACB est tout de même un formidable outil d'aide à la décision qui doit être exploité tant au niveau local que national. Il est nécessaire d'agir avant la catastrophe (ex : prévention des risques sismiques). Ce qu'il faut c'est trouver le levier permettant de faire passer cet outil dans les projets auprès des politiques et dégager un argumentaire afin de placer la réflexion là où elle doit être.

Au niveau local cette méthode est fondamentalement vertueuse car cela force les différents niveaux de décision (État, citoyens) à expliciter les enjeux et les choix, faisant apparaître ainsi les consentements à payer. Cela les force également à s'interroger sur la pertinence des mesures, qu'elles soient réglementaires ou de génie civil, en portant le débat sur la place publique. Et enfin cela pose la question des transferts, de leur gestion et les compensations à fournir.

Des travaux opérationnels d'ACB sont nécessaires mais tout en reconnaissant les limites de la méthode (sociales et environnementales...). La science continuera à progresser, les modèles à s'affiner, il manquera vraisemblablement toujours des éléments pour une décision calculée. Il faut faire preuve de modestie, au-delà des modèles, l'action politique et le débat avec les citoyens sont importants. Il faut donc renforcer le travail sur la concertation pour permettre des décisions objectives à défaut d'être calculées.