

L'évaluation économique des risques torrentiels : intérêts et limites pour les choix collectifs de prévention

Sylvie Brochot^a, Pierre Duclos^b, Madjid Bouzit^c

L'évaluation économique est souvent présentée comme la clef de la décision publique dans le champ de l'environnement et des risques. Cette idée est solidement ancrée notamment chez les chercheurs en sciences exactes, les experts, les ingénieurs des administrations techniques. Elle s'accorde avec les conceptions rationalistes qui imprègnent cette sphère scientifique et technique :

– l'action publique se construirait au travers d'une procédure séquentielle (identification du problème – recherche de solutions – évaluation et choix) ;

– le risque ne se concevrait que dans le cadre d'une représentation statique probabiliste ; il serait inacceptable tant que les mesures sont rentables.

Différents travaux de science politique¹ conduisent à s'interroger sur la pertinence d'une évaluation économique des risques. Cependant, comme le souligne un récent rapport du Commissariat général au Plan (Matheu, 2002), aucune discipline instituée ne saurait revendiquer de rendre compte des risques de façon complète.

Par ailleurs, les affrontements théoriques ne remplacent pas l'apport d'une expérimentation. C'est pourquoi ce travail (rapporté en détail dans Duclos *et al.*, 1999), consistant à pratiquer, à l'échelle d'un torrent, l'évaluation économique de différents dispositifs de protection contre les crues, a été engagé. Il a pour objectif de contribuer à cerner les difficultés méthodologiques et les usages envisageables de cet outil pour l'aide à la décision en matière de prévention des risques torrentiels.

L'analyse coûts-bénéfices (ACB) a été retenue ici. Largement pratiquée à l'étranger, elle est même parfois obligatoire : aux États-Unis, le *Stanford Act* de 1988 oblige les maîtres d'œuvre à réaliser une ACB pour tout projet concernant la sécurité et l'environnement et dont le montant dépasse 100 millions de dollars ; elle fait partie des critères examinés par la *Federal emergency management agency* (FEMA) pour attribuer des subventions aux projets locaux de prévention des risques naturels. En Suisse, l'ACB est utilisée pour affecter des financements aux projets de protection contre les avalanches (Wilhem, 1997). Elle joue un rôle similaire en Autriche. En France, des tentatives

Contact

a. Direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt, 42, avenue Marcellin Berthelot, BP 31, 38040 Grenoble Cedex 9, à l'époque des travaux, Cemagref Grenoble, UR Érosion torrentielle et avalanches
b. Stagiaire à l'époque de ces travaux, Cemagref, UR ETNA, 2, rue de la Papeterie, BP 76, 38402 Saint-Martin-d'Hères
c. À l'époque de ces travaux, Cemagref, UR Irrigation, Domaine de Lavalette, 361, rue J.-F. Breton, BP 5095, 34033 Montpellier Cedex 1

1. Par exemple ceux de Jobert et Muller (1987) suggérant une rationalité limitée des décideurs et montrant comment l'élaboration d'une politique publique passe par la construction, au sein d'un système d'acteurs, d'une image de la réalité sur laquelle on veut intervenir, ou bien encore ceux des sociologues qui excluent des risques réduits à la réalité objective décrite par les sciences exactes.

d'application aux travaux de restauration des terrains en montagne (RTM) ont été engagées par le CTGREF dans les années quatre-vingt (Commandeur, 1979 ; Verrier, 1980). Dans le domaine des inondations, on peut citer la méthode du BCEOM (1980), les travaux de Tortoretot (1993) ou de Grelot *et al.* (2002) et pour les mouvements de terrain, ceux de Léone (1996).

Problématique et méthodologie

Les risques torrentiels et les actions de prévention

Les crues torrentielles sont soudaines et violentes. Elles transportent des quantités importantes de matériaux qui ajoutent aux dommages par débordement et inondation, ceux induits par les dépôts et les affouillements parfois éloignés du lit habituel, du fait des divagations de l'écoulement. Des laves torrentielles peuvent se former dans de nombreux bassins versants, générant des volumes de matériaux encore plus importants dont le dépôt est susceptible de barrer la rivière principale, et du fait d'une vitesse élevée, de générer des chocs destructeurs.

D'un point de vue technique, les actions de prévention sont les suivantes (Bourrelier, 1997) :

- prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme ;
- information préventive ;
- travaux de protection et d'entretien ;
- gestion intégrée de l'occupation des sols ;
- surveillance et alerte ;
- organisation des secours, dispositions d'urgence.

Pour un risque donné, diverses combinaisons cohérentes d'actions, constituant un dispositif de prévention peuvent en général être envisagées. Au sein du système de décision, une stratégie collective émerge ensuite.

Présentation sommaire de l'analyse coûts-bénéfices

Fondée sur la théorie économique du bien-être (Griffin, 1998), l'ACB consiste à confronter le coût d'un projet aux bénéfices qu'on prévoit d'en retirer. Elle permet de déterminer les choix maximisant les avantages. Elle implique d'exprimer en valeur monétaire tous les effets : directs, indirects et intangibles.

Une fois déclinés spécifiquement aux questions de prévention des risques, les principes de l'ACB deviennent les suivants (Duclos *et al.*, 1999) :

- un projet est économiquement acceptable si les bénéfices (dommages évités) sont supérieurs aux coûts potentiels des dispositifs de prévention ;
- les effets sur le bien-être sont obtenus par comparaison entre au moins 2 scénarios : sans dispositif et avec ;
- l'évaluation des coûts est fondée sur les coûts d'opportunité sociale ;
- les bénéfices sont les dommages moyens évités par le dispositif ;
- les transferts nuls des coûts et bénéfices sont ignorés (pas de doubles comptes) ;
- l'agrégation temporelle des effets utilise l'actualisation ;
- les variations de bien-être non monétarisables doivent être révélées.

L'ACB comporte un certain nombre d'avantages et de limites généraux, qui ne sont d'ailleurs pas tous caractéristiques de l'ACB, mais inhérents à l'évaluation économique en général.

Du côté des avantages, on peut mentionner :

- la transparence. Les résultats d'une ACB reposent sur des hypothèses claires. La théorie, la méthode et la procédure sont bien établies ;
- la révélation de l'ignorance. L'ACB exige beaucoup d'informations concernant les effets induits. Elle permet de mettre en évidence l'information manquante et l'incertitude ;
- la comparabilité. L'analyse entreprend de réduire tous les effets en un seul indicateur. L'unicité de la mesure facilite la comparaison.

Les critiques faites à l'ACB, objet de fortes controverses, peuvent être rassemblées en trois axes majeurs :

- certains effets évalués ne sont pas échangés sur le marché et par conséquent délicats à évaluer monétairement ;
- les mesures liées au bien-être sont souvent désirables pour des raisons qui défont la monétarisation : valeurs sociales, culturelles, et psychologiques ;
- l'ACB ne prend pas en compte les générations futures.

D'autres critiques de l'ACB recouvrent des questions philosophiques comme le principe d'agrégation des préférences individuelles.

La méthode et les étapes d'une ACB

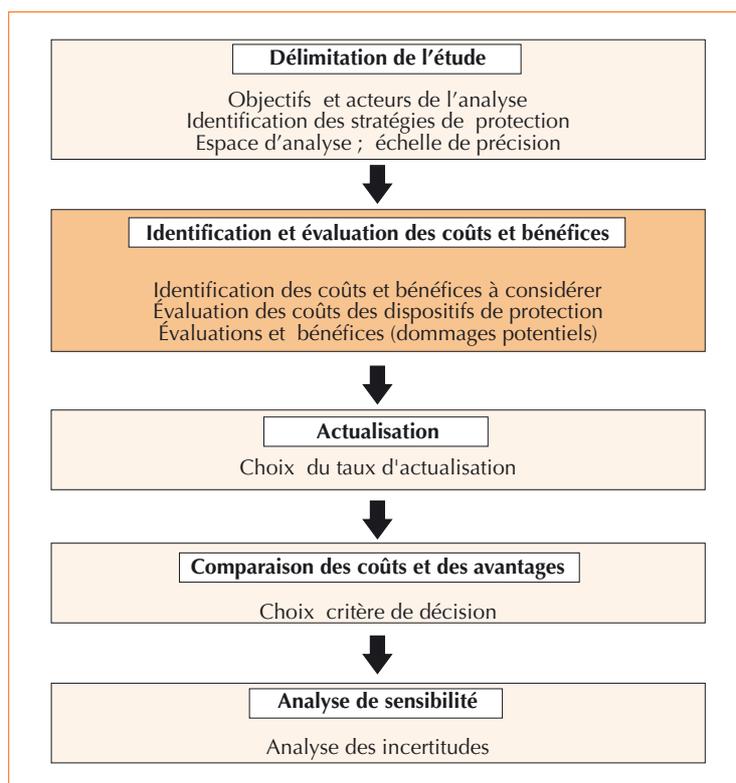
De même qu'on vient de se limiter à un rappel sommaire des principes d'une ACB, on ne s'étendra pas non plus sur la méthode, renvoyant à des ouvrages de référence (Zoller et Beguin, 1992 ; Garrabé, 1994 ; Munier *et al.*, 1997 ; ou bien encore, concernant plus spécifiquement les risques torrentiels, Bouzit, 1999). La figure 1 résume les différentes phases.

Le torrent du Manival

Affluent rive droite de l'Isère en amont de Grenoble et situé dans le département du même nom, le torrent du Manival a été choisi comme terrain d'étude pour plusieurs raisons :

- il a déjà fait l'objet d'études d'ingénierie visant à définir les crues torrentielles, à déterminer les risques et à proposer des évolutions du dispositif de protection (Brochot, 1991 ; Gruffaz, 1997) ;
- une étude historique à partir d'une recherche approfondie d'archives sur les événements a été récemment réalisée (Pierre et Cœur, 1999), suivie d'une analyse de l'efficacité du dispositif de protection existant (Desplanches, 1999) ;
- les zones et activités menacées sont relativement simples et peu nombreuses.

Le bassin de réception occupe un cirque creusé dans le versant oriental du massif de la Chartreuse. Son chenal d'écoulement, avant aménagement, lui laissait la possibilité de divaguer largement (dans une zone dite justement « de divagation »), avant l'arrivée sur un impressionnant cône de déjection. La superficie totale de son bassin versant, qui s'étend sur 3 communes (St-Ismier, St-Nazaire-les-Eymes et Bernin) est de 7,3 km². Le Manival est susceptible de générer des laves torrentielles. Les crues peuvent provoquer des inondations, des affouillements, des engravements touchant principalement les cultures et terrains naturels, parfois les zones bâties, et causant des interruptions de la circulation sur la RN 90. Elles ont été particulièrement fréquentes et violentes tout au long du XIX^e siècle. Corrigé intensivement par des seuils dans sa partie domaniale, en amont, acquise par l'État dès 1891 dans le cadre de sa politique RTM, le Manival a été pourvu en 1926 d'une zone de rétention de matériaux en amont



du cône de déjection, complétée en 1992 d'un ouvrage aval la transformant en véritable plage de dépôt. Le bassin de réception et la zone de divagation sont généralement boisés, soit spontanément, soit du fait des travaux de reboisement RTM.

Choix des objectifs, hypothèses et dispositifs de prévention à étudier

Lors de cette phase destinée à cadrer l'analyse, de nombreuses simplifications sont apparues d'ores et déjà nécessaires dans les cas du torrent du Manival.

L'objectif du projet à évaluer a été restreint à la protection contre les crues torrentielles ; ce n'est pas forcément pertinent dans la perspective d'une aide à la décision qui concerne un territoire menacé également par d'autres risques (autres torrents et inondation par l'Isère notamment).

La zone d'étude a été limitée à celle directement touchée par les crues du Manival où s'observent les dommages directs (zone interne). La zone d'influence, territoire périphérique concerné économiquement par les retombées de la

▲ Figure 1 – Les phases de l'analyse coûts-bénéfices (d'après Bouzit, 1999).

catastrophe (par exemple entreprises participant à la reconstruction ou dépendant des agents économiques sinistrés), et la zone externe, impliquée au titre des flux financiers, ont été exclues.

Les acteurs impliqués dans les crues torrentielles du Manival ont été identifiés. Les victimes, qui supportent les dommages et sont les bénéficiaires de la prévention peuvent être des individus, ou des collectivités. Les maîtres d'ouvrage des actions de prévention sont l'État pour les travaux en terrain domanial, et le SITSE (Syndicat intercommunal des torrents du Saint-Eynard créé en 1990) ailleurs. Les décideurs publics (État régaliens, collectivités territoriales de différents échelons) agissent de façon très imbriquée les uns avec les autres et à divers titres (victimes, acteurs de la prévention...). Aussi, on a choisi de considérer le point de vue de la « collectivité », entité symbolisant l'intérêt général, et d'agglomérer tous les dommages, toutes victimes confondues. Les indemnités par les assurances n'ont pas été prises en compte pour éviter les doubles comptes (elles viennent en déduction des dommages, mais représentent un coût pour les compagnies d'assurance).

Aucune modification substantielle de l'aménagement ne faisant actuellement l'objet d'une étude

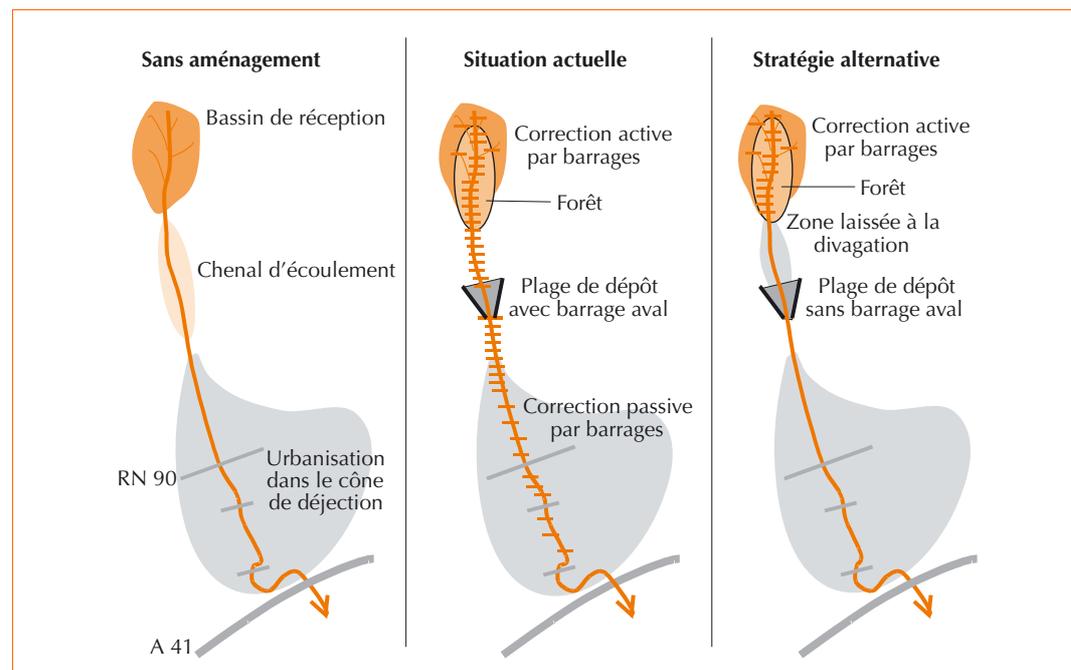
dans la réalité, on a retenu librement des scénarios de protection assez tranchés, de façon à préserver le caractère démonstratif de l'étude ; il s'agissait (figure 2) :

- du dispositif actuel ;
- du bassin versant totalement dépourvu de dispositif ;
- d'un dispositif comportant une correction identique à l'actuelle dans le bassin de réception, mais tentant d'éviter le phénomène constaté d'affouillement du lit en aval de la plage de dépôt, dû à la rétention totale des sédiments qu'elle provoque. Il consiste à concevoir cette dernière en supprimant l'ouvrage aval, et à laisser divaguer le torrent dans la zone de divagation. Le chenal aval comporterait alors beaucoup moins de seuils qu'actuellement.

Les autres types de mesures (zonages, surveillance et alerte...) ont été écartées pour simplifier l'analyse.

La période d'étude retenue s'étend du présent (année 1999) à un futur déterminé dans la phase finale de l'analyse (cf. p. 64, chapitre « Actualisation »). Tous les ouvrages sont donc réputés avoir été construits en 1999.

► Figure 2 – Dispositifs de prévention des crues torrentielles du Manival étudiés.



Évaluation des coûts

Le coût du dispositif de protection se décompose en coûts d'investissement (coûts de construction) et en coûts de fonctionnement (coûts d'entretien incluant les éventuelles réparations consécutives à des événements violents). À ces coûts directs, s'ajoutent parfois des coûts indirects, par exemple si les travaux nécessitent l'interruption du trafic sur une route. Enfin, les travaux peuvent s'accompagner d'effets difficiles à quantifier (nuisances par exemple). Ce sont les coûts non marchands, ou coûts intangibles.

Différentes méthodes d'estimation des coûts peuvent être utilisées :

- le cas le plus simple est celui des ouvrages neufs, à construire immédiatement, pour lequel on dispose de bordereaux de prix et de la référence de chantiers récents. Pourtant, l'incertitude reste forte pour ces travaux spécifiques en terrain difficile puisque le coût peut varier du simple au double entre le chiffrage du maître d'œuvre et le devis de l'entrepreneur et même postérieurement (intempéries) ;

- le cas des ouvrages à construire dans le futur dérive du précédent avec quelques précautions supplémentaires en raison de l'évolution des techniques et de l'environnement économique. Une actualisation doit de plus être pratiquée ;

- pour les ouvrages récents, leur coût est généralement accessible dans les archives ; il doit simplement être actualisé ;

- pour les ouvrages plus anciens, outre la difficulté d'accéder aux archives, l'actualisation n'est pas pertinente. Une actualisation supérieure à 30 ans est considérée comme abusive en économie. Verrier (1980) avait déjà soulevé la question dans son ACB : « En effet, réalisé selon les mêmes techniques (...), un hectare de plantation reviendrait à 75 000 F en 1978 contre 150 F en 1885, soit 500 fois plus, alors que l'indice de réactualisation du franc n'est, pour cette période,

de 6,68 !... ». La seule solution acceptable consiste donc à estimer le coût d'ouvrages qui, réalisés avec les techniques actuelles, auraient une efficacité équivalente à celle des ouvrages. Voici comment on a procédé par exemple concernant la forêt de protection du Manival : on a appliqué les coûts actuels des travaux de génie biologique correspondant à ce type de terrains. On obtient ainsi un coût approximatif d'implantation de 25 millions de F ; il représente plus de 40 % du coût total de l'investissement contre 3 % avec une actualisation des années 1890 à nos jours !

Les données disponibles sur les ouvrages et leurs coûts sont dispersées et leur collecte requiert beaucoup de minutie.

En terrain domanial, le service RTM tient depuis 1983 un sommier des travaux d'investissement et d'entretien. Pour chaque intervention sont mentionnés : le type d'intervention, l'année, la quantité et le prix. Les travaux antérieurs à 1983 sont recensés dans les comptes permanents. Un document contenu dans le carnet de torrent mentionne les dépenses engagées de 1891 à 1976 sur la série de Saint-Nazaire. Manquent la série de Saint-Ismier et la période 1977-1982, pour lesquelles aucune archive ne semble exister.

Avant la création du SITSE en 1990, les communes avaient directement la charge des travaux effectués hors terrain domanial. Le seul chiffre accessible datant de cette époque concerne une dépense en 1978. Depuis 1990, le SITSE a pris le relais pour les travaux importants sur le Manival. Il a dépensé, de 1990 à 1994, 722 000 F. Les petits travaux d'entretien courant restent à la charge des communes riveraines.

Ainsi, selon les services techniques de St-Ismier, 25 kF (kF = millier de F) en moyenne sont affectés chaque année aux curages des ouvrages et plages de dépôts et aux petits travaux biologiques.

Le total des coûts du dispositif actuel est présenté au tableau 1.

Types de coûts	Génie civil	Génie biologique et travaux auxiliaires	Total
Investissement	34 MF	25 MF	59 MF
Entretien	0,300 MF/an	0,015 à 0,030 MF/an (domanial) 0,025 MF/an (communal)	~ 0,350 MF/an

▲ Tableau 1 – Coûts estimés du dispositif actuel de prévention contre les crues torrentielles du Manival. (MF = millions de F).

Pour le scénario alternatif, il suffit de retirer du dispositif actuel :

- les 20 barrages du chenal d'écoulement, estimés à 0,150 MF pièce ;
- l'ouvrage de fermeture de la plage de dépôt, qu'on peut estimer à 0,600 MF ;
- 22 barrages de la partie communale, estimés à 0,150 MF pièce.

L'ensemble des coûts est présenté au tableau 2. En toute rigueur, la fraction des coûts de fonctionnement internes au RTM consacrée au Manival (salaires, frais divers), devrait être intégrée. On les a négligés ainsi que les coûts indirects et intangibles, car les lourdes investigations nécessaires ne se justifiaient pas au regard de l'incertitude déjà considérable qui entoure les estimations précédentes, et que l'on peut mieux saisir au travers du détail des estimations (Duclos *et al.*, 1999).

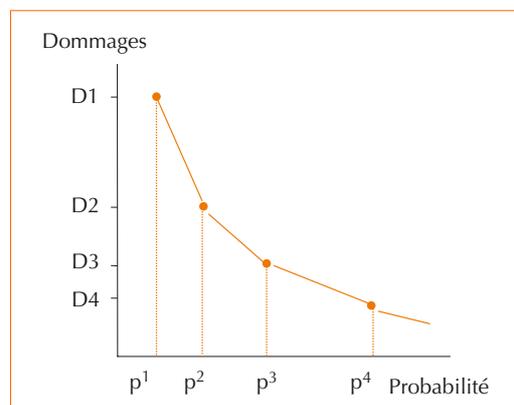
Définir l'aléa pour les besoins d'une analyse économique, une étape délicate

Nous avons vu qu'en matière de risques, les bénéfices sont exprimés par différence entre les dommages potentiels avant protection et ceux

► Tableau 2 – Coûts estimés des 3 dispositifs de protection analysés.

Dispositif de protection	Coût d'investissement	Coût d'entretien
Référence : aucun aménagement	0	0
Actuel	59 MF	0,350 MF/an
Alternatif	52 MF	0,200 MF/an

► Figure 3 – Exemple de courbe fréquentielle des dommages (d'après Bouzit, 1999).



après protection. Il faut donc évaluer les dommages pour chaque dispositif de protection, y compris celui de référence, ce qui requiert la détermination de l'aléa dans chaque cas. Mais si pour d'autres applications (zonage de risque par exemple), celle-ci peut rester relativement globale, il serait nécessaire ici de connaître les différents processus d'endommagement, pour différentes probabilités d'occurrence et en tous lieux. Ces processus dépendent des paramètres caractéristiques du phénomène naturel : vitesse, hauteur... Dans l'absolu, toutes les intensités de crues torrentielles doivent être étudiées. Le dommage moyen annuel se calcule alors à partir de l'aire située sous la courbe fréquentielle des dommages représentée à la figure 3. Dans la pratique, seules quelques fréquences seront considérées. Dans notre étude, il s'agira des fréquences décennale, vingtennale et centennale.

L'effet des ouvrages de protection est difficile à cerner. On peut s'inspirer de l'effet du dispositif actuel mais il faut au préalable établir la stationnarité du régime des crues sur la période analysée, sans quoi aucune comparaison n'est plus possible. Sur le Manival, les travaux de Desplanches (1999) exploitant l'information historique semblent montrer que cela serait le cas au moins depuis 1800, époque des archives les plus anciennes. Une représentation de l'efficacité des ouvrages par un taux d'efficacité constant n'a pas été retenue, car il n'y a vraisemblablement pas linéarité. Nous avons seulement tenu compte de l'effet des digues et de la rétention de 25 000 m³ de matériaux par la plage de dépôt. La correction active n'a pas été prise en compte en application des résultats de Desplanches qui montrent qu'elle ne semble pas avoir induit de variation décelable dans la fréquences des laves.

Bien que les crues du Manival se présentent généralement sous forme de laves, les crues avec charriage doivent également être envisagées. Les deux phénomènes, lave et charriage, peuvent d'ailleurs se produire consécutivement, lors d'un même épisode. Pour simplifier, les crues avec charriage ne seront prises en compte que hors de la zone maximale d'extension des laves. En effet, les dommages par laves sont redondants avec ceux résultant du charriage ; de plus, les informations historiques ne sont pas claires sur la distinction entre lave et charriage.

La détermination d'une loi entre fréquence et intensité des phénomènes (débit maximal et volume charrié pour les crues avec charriage ou

volume des laves) constituait un préalable à une définition plus poussée de l'aléa. Nous avons utilisé les diverses méthodes existantes en ingénierie qui sont très peu précises (par exemple, le volume d'une lave centennale variait de 39 000 à 62 000 m³). L'étape suivante consiste à déterminer pour chaque intensité la zone d'extension de la crue et donc de l'emprise des dommages. En l'absence de modèle opérationnel, c'est « à dire d'expert » que le zonage a dû être dessiné, à partir des informations historiques et de la topographie.

En premier lieu ont été déterminées les limites maximales d'extension des laves des différents temps de retour, en l'absence de dispositif (scénario de référence). Mais cela ne signifie pas que chaque zone délimitée sera intégralement recouverte ; elle est en fait l'enveloppe de toutes les laves d'un temps de retour donné. Si une lave, par exemple centennale, peut emprunter 2 trajets différents, avec des probabilités égales, elle aura dans chacun des trajets une période de retour de $100 \times 2 = 200$ ans. La période de retour de l'occurrence d'une lave en un lieu donné est différente de celle du volume de la lave. Pour les besoins d'une ACB, il faudrait en théorie disposer d'un champ de probabilités, qui affecterait à chaque point la probabilité d'être atteint par un aléa (au sens d'un paramètre précis ou d'un processus d'endommagement) au cours d'une année donnée, ce qui n'est pas envisageable dans l'état actuel des connaissances sur les crues torrentielles. Pour pallier ce manque, on a défini des zones équipotentielles de dommages.

Ces zones sont des sections de couloirs, parallèles aux génératrices du cône de déjection auxquelles on a affecté une probabilité d'occurrence tenant compte des trajectoires privilégiées des crues et de leur intensité. Elles sont donc réputées subir les mêmes processus d'endommagement en leur sein. Pour qu'une section de couloir C_i soit touchée par une crue, il faut que celle-ci ait atteint la zone d'extension à laquelle C_i appartient, et que C_i ait été choisie parmi les divers couloirs possibles. En termes de probabilités P :

$$P(C_i \text{ touchée}) = P(\text{zone d'extension atteinte}) \times P(C_i \text{ choisi}) \quad (1)$$

Si il n'y a pas de trajectoire privilégiée, la probabilité d'atteinte de chaque couloir a été déclarée proportionnelle à sa surface. Dans cette hypothèse, chaque unité spatiale C_i (de surface S_i) appartenant à la zone d'extension (de surface S_n) des laves de

volume de temps de retour T_n est touchée avec la probabilité :

$$P(C_i \text{ touchée}) = T_n \times S_i / S_n \quad (2)$$

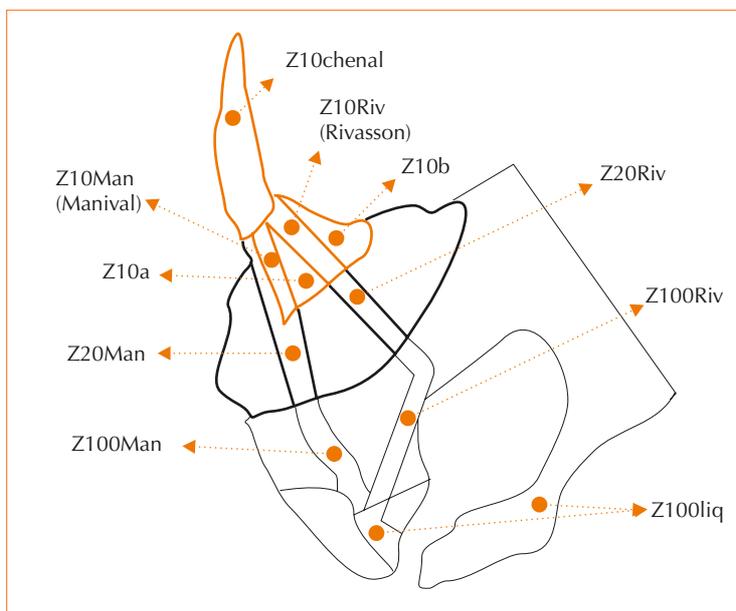
À la place des surfaces, les longueurs d'arc A_i des couloirs peuvent être utilisées, suivant le même principe :

$$P(C_i \text{ touchée}) = T_n \times A_i / A_n \quad (3)$$

Dans le cas du Manival, la topographie et l'analyse des archives conduisent à proposer 2 couloirs préférentiels de 200 m de large : le lit actuel, et le lit du Rivasson, un des anciens lits souvent emprunté. Le détail du raisonnement est exposé dans Duclos *et al.* (1999) et permet de déterminer les zones présentées à la figure 4. Réitéré pour chaque dispositif de protection (en déterminant à dire d'expert l'efficacité de chacun de ces composants), il aboutit au tableau 3 (p. 60).

Bien que résultant de nombreuses approximations, ce résultat est déjà complexe. Pourtant,

▼ Figure 4 – Carte des zones équipotentielles de dommages au torrent du Manival.



ce n'est encore pas celui qui nous intéresse pour l'évaluation des dommages ! En effet, il reste à faire intervenir un coefficient de réduction spatiale (Wilhelm, 1997) pour traduire le fait qu'une zone peut n'être envahie que partiellement. Le résultat

► Tableau 3 – Probabilités annuelles d'atteinte des zones équipotentielles.

Zone équipotentielle de dommages	Probabilité d'occurrence d'une lave (tous volumes confondus), en %			Probabilité d'occurrence d'une crue affouillante liée à une lave, en %			Probabilité d'occurrence d'une crue indépendante d'une lave, en %					
							décennale			centennale		
Dispositif	S0	S1	S2	S0	S1	S2	S0	S1	S2	S0	S1	S2
10 _{chenal}	4,4	1	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 _{Man}	4,4	0	1,2	0	15-1,5	0	0	0	0	0	0	0
10 _a	2,2	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 _{Riv}	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 _b	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 _{Man}	3,3	2,4	2,4	5	17,6-0,176	0	5-0	10-0	10-0	0,5	1	1
20 _{Riv}	3,3	0	0	5	0	0	5-0	0	0	0,5	0	0
100 _{Man}	0,8	0	0	7,5	20-2	0	5-0	10-0	10-0	0,5	1	1
100 _{Riv}	0,8	0	0	7,5	0	0	5-0	0	0	0,5	0	0
100 _{liq}	0	0	0	9,5	20-2	0	5-0	10-0	10-0	0,5	1	1

S0 : aucun dispositif ;

S1 : dispositif actuel ;

S2 : dispositif alternatif ; les valeurs en italique résultent de l'application des coefficients de réduction spatiale, lorsqu'ils conduisent à des valeurs nouvelles.

de cette opération, avec des coefficients largement basés sur le bon sens, conduit aux valeurs en italique du tableau 3.

Avant de conclure cette partie, nous nous proposons de rappeler explicitement les hypothèses simplificatrices et approximations qui y ont été utilisées :

- estimation des volumes liquides et solides imprécise, comme dans toute étude hydrologique en torrent ;
- on a supposé que le charriage succède à la lave, en aval de sa limite maximale et qu'il n'y a pas coexistence en alternance des 2 modes de transport plus en amont ;
- stationnarité des crues, alors que le réchauffement climatique pourrait modifier à l'avenir le régime des pluies, donc l'aléa ;
- détermination des zones d'extension des phénomènes à dire d'expert ;
- efficacité des ouvrages estimée grossièrement ;
- largeur des couloirs balayée par une lave fixée à dire d'expert à 200 m, alors qu'elle est très variable et inconnue ;
- choix des coefficients de réduction assez arbitraire ;
- le phénomène est traduit uniquement par des

probabilités d'atteinte des zones qui ne font pas intervenir la hauteur de lave, la vitesse, la pression.

Notre approche est binaire : soit un point est atteint, soit il ne l'est pas, mais l'intensité est réputée constante ;

- pas de prise en compte des détails de la topographie pouvant dévier les laves ;
- les phénomènes connexes mais néanmoins très fréquents tels les embâcles ont été négligés ;
- l'affouillement progressif actuel du lit en aval de la plage de dépôt qui se traduit par des effets chroniques sortant de la problématique risque au sens strict n'a pas été intégré.

Cet ensemble, dépendant de la connaissance de la physique des phénomènes et de la technologie des aménagements, entache l'analyse d'une incertitude importante et délicate à quantifier, mais indépendante de la méthodologie de l'évaluation économique dont elle constitue un préalable.

Évaluation des bénéfices

L'ACB nécessite l'évaluation des dommages moyens annuels. Pour cela, après avoir estimé l'aléa (cf. p. 57, chapitre « Évaluation des coûts »), on doit procéder à l'inventaire des éléments menacés, à la détermination des dommages potentiels, puis à leur valorisation monétaire et

enfin à l'agglomération de tous ces éléments pour aboutir, en les combinant avec les probabilités d'occurrence, au résultat recherché.

L'inventaire des éléments menacés et la détermination des dommages potentiels associés

Ces deux phases étant liées, il nous a paru plus aisé de les traiter ensemble.

Les dommages peuvent être regroupés en dommages directs, indirects et intangibles (Léone, 1996 ; Arnal et Masure, 1996) dont les définitions son homologues à celles des coûts.

Les éléments situés dans la zone d'étude doivent être répertoriés et dénombrés, et leurs éléments de vulnérabilité décrits :

- l'habitat est exclusivement individuel. Il s'agit essentiellement de pavillons, entourés d'un jardin bordé de haies, avec un garage et éventuellement un sous-sol. La valeur unitaire de ces maisons, terrains compris, est d'environ 2,2 millions de F (source : agences immobilières et services techniques de St-Ismier et St-Nazaire) ;

- les personnes. Chaque maison compte en moyenne 2,9 habitants (source : services techniques de St-Ismier). Dans la journée, une bonne partie travaille en-dehors de la zone d'étude. S'y ajoutent les personnels des entreprises et les personnes de passage, principalement sur la RN 90 ;

- les entreprises. L'une est située en zone 20_{Man} et deux autres en zone 100_{Riv} ;

- l'agriculture. Les rares surfaces agricoles concernées se réduisent à quelques lopins de vignes (1,5 ha) et prairies (2 ha) ;

- la forêt. En zone 10 (figure 4, p. 59) s'étend plus d'une centaine d'hectares de forêt. Le bois, de piètre qualité, n'est pas exploité, et l'intérêt de cette forêt est principalement récréatif, paysager et écologique ;

- les véhicules comprennent ceux garés et ceux en circulation sur les voies de communication. Il paraît difficile de se faire une idée du nombre de véhicules présents dans les zones, d'autant plus qu'il varie selon la période de la journée ;

- les voies de communication. La route nationale 90, reliant Grenoble à Chambéry, est une route à 2 voies. D'après la DDE, le trafic y est en moyenne de 285 véhicules par jour dans chaque sens.

Une ligne de bus régulière emprunte aussi cette route à raison de 34 passages par jour dans chaque sens. Un projet de barreau routier à 2 voies qui enjambrerait le Manival légèrement en aval de la RN 90 était en projet lors de l'étude. L'inventaire détaillé des voies secondaires ne sera pas rapporté dans cet article. On pourra se reporter à Duclos et al., (1999) ;

- les réseaux. Les conduites d'eau potable et de gaz sont enterrées et sont donc pratiquement à l'abri des dommages. Les lignes téléphoniques sont en partie enterrées, en partie aériennes, avec un poteau tous les 50 mètres environ. Les lignes électriques sont toutes aériennes, sur poteaux également. Le réseau d'eaux pluviales, alimenté par des bouches de collecte peut être engravé ;

- divers. Le mobilier urbain est assez restreint. L'atelier RTM, est situé dans le couloir du Manival, rive gauche, en zone 10_{Man}. À côté du pont de la RN 90 se dresse le mémorial du Doyen Gosse. Ce bâtiment est vide, protégé par une butte, et construit en murs très épais, il ne craint donc rien des laves.

Il faut maintenant imaginer les dommages engendrés par la crue. Pour cela, la ressource la plus sûre est de s'appuyer sur les retours d'expérience de crues antérieures de divers torrents. Nous supposons qu'une lave du Manival engrave les terrains sur une hauteur indéterminée mais inférieure à un mètre, que cette lave peut envahir les bâtiments sur la même hauteur, et qu'elle n'est capable de détruire que les constructions fragiles telles que les abris de jardin, les clôtures et les portes de garages, sur une hauteur maximale d'un mètre. Quant aux crues affouillantes, on estime qu'elles enlèvent le sol superficiellement, défoncent les routes et provoquent une érosion des berges sur un mètre de largeur. Enfin, les crues indépendantes des laves débordent (sur une hauteur de 0,5 m pour la décennale et 0,7 m pour la centennale), forment des dépôts (négligeables pour la décennale, engravement de 0,3 m pour la centennale), et peuvent éroder les berges (jusqu'à 5 m de large pour la centennale).

L'évaluation monétaire des dommages potentiels

Il s'agit de procéder, pour chaque dispositif de protection et pour chaque zone équipotentielle, à l'évaluation monétaire des dommages potentiels subis par chaque élément.

L'estimation des dommages directs est généralement la moins difficile à traiter, une fois écarté le coût des secours qui est bien particulier. Deux types d'approche peuvent être utilisées, qu'on combinera :

– l'estimation directe consiste à s'appuyer sur des qualifications des dommages telles que celles avancées au chapitre « L'inventaire des éléments menacés et la détermination des dommages potentiels associés » (p. 61), et de déterminer les coûts de réparation ou de remise en état ;

– la seconde approche consiste à appliquer des taux d'endommagement tirés de la littérature. Formellement, un taux d'endommagement (compris entre 0 et 1) est défini comme le rapport de la valeur résiduelle d'un bien après la catastrophe à sa valeur initiale. On trouve dans la littérature des taux d'endommagement calculés à partir de l'analyse statistique de catastrophes survenues. Ces taux concernent par exemple les inondations (Torterotot, 1993) ou les mouvements de terrain (Léone, 1996). À chaque type d'élément correspond un taux d'endommagement. Ces taux peuvent être présentés sous forme de matrices d'endommagement avec une seconde entrée constituée par l'intensité de l'aléa.

L'évaluation des dommages indirects est très complexe. L'approche usuelle est de les exprimer proportionnellement à la valeur des dommages directs. Les dommages intangibles ne seront pas traités pour les mêmes raisons que les coûts intangibles.

Nous avons recherché des taux d'endommagement pouvant s'appliquer aux laves torrentielles. Les phénomènes les plus proches dans leurs effets nous ont semblé les « mou-

vements de terrains par accumulation ou ensevelissement par coulées de boues et de débris » (Léone, 1996), en utilisant les niveaux d'endommagement léger à moyen (I et II).

Pour les taux d'endommagement indirects, nous avons utilisé des ratios α = dommages indirects / dommages directs tirés de la littérature concernant les inondations (Torterotot, 1993). Les taux d'endommagement obtenus sont rassemblés dans le tableau 4.

Pour mémoire, signalons que le coût du curage a pu être calculé d'une manière particulière et simple par application d'un prix unitaire (100 F/m³) aux volumes de matériaux déposés connus pour les différents temps de retour.

Nous allons détailler l'évaluation des dommages à l'habitat qui est un cas assez complet parmi les différents enjeux et illustrant bien toutes les difficultés de l'exercice.

L'approche directe oblige à chiffrer les coûts de remise en état de l'immobilier et de réparation ou remplacement du mobilier, des biens inondés au rez-de-chaussée et au sous-sol, des portes de garage défoncées...

Pour en avoir une idée, nous avons cherché des documents relatifs aux catastrophes dues à des laves. Nous avons en particulier consulté le rapport de gendarmerie de la catastrophe de Bourg-St-Maurice de 1996 (Torrent de l'Arbonne). Il contient la description des dégâts causés par la lave torrentielle et leur estimation par les particuliers et, pour les biens publics, par la commune. Ces estimations, qui portent sur des objets très variés, sont très disparates et pas assez nombreuses pour que l'on puisse les transposer ou les exploiter statistiquement. Du fait de la rareté des laves, on ne dispose pas d'autre source de cette nature. Nous avons donc en outre contacté des compagnies d'assurance impliquées à Bourg-St-Maurice afin d'accéder à des archives d'indemnisation de dommages par laves. Celles-ci n'ont pas répondu à nos courriers. Enfin, la Fédération française des sociétés d'assurance n'a pu nous fournir que le montant national des indemnisations consécutives aux inondations.

Il ne nous restait plus qu'à utiliser le taux d'endommagement calculé plus haut pour l'habitat, à savoir 0,12. Appliqué à la valeur moyenne des habitations, le dommage moyen à une maison atteinte par une lave s'élève à 0,26 MF, dont 0,22 MF de dommages directs. Ce chiffre ne paraît

► Tableau 4 – Taux d'endommagement pouvant être utilisés pour les laves torrentielles.

Éléments	Taux d'endommagement directs moyens τ_d	Ratio dommages indirects/directs α	Taux d'endommagement globaux moyens $\tau = \tau_d + \alpha \tau_d$
Habitat	0,1	0,2	0,12
Entreprises	0,3	0,4	0,42
Routes	0,2	0,2	0,24
Réseaux	0,4	0,3	0,52
Industries	0,3	0,4	0,42
Agriculture	0,2	0,3	0,26

pas irréaliste (pour reprendre une expression de Torterotot), sans qu'on puisse en dire plus.

L'information historique sur les crues ne mentionnant aucun décès, cette éventualité n'a pas été prise en compte, même si elle ne peut être totalement écartée. Les préjudices corporels et psychologiques ont été omis également, pour la même raison.

Les 3 entreprises concernées ont été réticentes à fournir des données sur leur activité. Ce problème de confidentialité peut faire obstacle à la réalisation d'une ACB. En revanche, elles ont accepté de procéder très sommairement à des estimations du montant des dommages imaginables en cas de crue que nous avons utilisées en les nommant respectivement x et y pour chacune des zones concernées.

Pour les autres enjeux, on se reportera au rapport complet (Duclos et al., 1999) qui confirme les importantes difficultés de cette évaluation et l'utilisation insatisfaisante de taux d'endommagement ou d'expédients du même type que ceux déjà exposés.

À l'issue de cette phase, il suffit alors de multiplier les quantités résultant de l'inventaire des enjeux par les coûts unitaires correspondants pour obtenir les coûts totaux des dommages potentiels, par enjeux et par zone (tableau 5).

Calcul des dommages moyens annuels

Les méthodes d'évaluation économique des risques (Bouzit, 1999) préconisent classiquement de calculer les dommages moyens comme la somme des dommages pondérés par leur probabilité (figure 3, p. 58).

Pour le Manival, nous avons utilisé une méthode légèrement différente puisqu'il était beaucoup trop ambitieux de nuancer les dommages D en fonction des fréquences, alors qu'il était possible pour notre analyse d'aléa de définir une dizaine de zones équipotentielles de surface S, et d'attribuer à chacune d'entre elles une probabilité p qu'elle soit atteinte au cours d'une année. Au final, cela revient au même ; il s'agit d'une sommation spatiale au lieu d'une sommation sur les niveaux d'aléa :

$$D_{\text{moyen}} = \int_{\text{espace } S} D(dS) \cdot p(dS) \cdot dS = \sum_{\text{zones } i} D_i \cdot p_i \quad (4)$$

Les probabilités utilisées proviennent du tableau 3, après addition des probabilités respectives de chacune des 3 sortes de crue : il n'était pas utile de conserver cette distinction qui ne s'est pas traduite par une différenciation des dommages. Ce procédé est une nouvelle approximation. On obtient finalement, après ajout du curage, le tableau de synthèse 6.

Enjeu	Coûts unitaires	Coûts par zones										Totaux / enjeu
		10 _{chenal}	10 _{Man}	10 _a	10 _{Riv}	10 _b	20 _{Man}	20 _{Riv}	100 _{Man}	100 _{Riv}	100 _{liq}	
Habitations	260	0	0	0	780	0	5980	7020	7280	15080	3120	39260
Entreprises	-	0	0	0	0	0	x	0	0	y	0	x+y
Prairie (/ha)	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
Vigne (/ha)	150	0	0	0	75	0	0	0	0	0	150	225
Forêt (/ha)	50	1750	550	750	800	900	0	0	0	0	0	4750
Véhicules	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RN (/km)	2160	0	0	0	0	0	0	0	432	648	0	1080
RD (/km)	790	0	0	0	198	0	198	0	0	0	0	395
Rue (/km)	410	0	0	0	0	0	615	410	410	820	246	2501
Piste (/km)	120	0	120	0	0	48	0	0	0	0	0	168
Pont RN 90	340	0	0	0	0	0	0	0	340	0	0	340
Lignes EDF (/km)	780	0	0	0	195	0	1365	780	936	1794	468	5538
Totaux / zone	-	1750	670	750	2048	948	8158 +x	8210	9398	18347 +y	3984	54262 +x+y

◀ Tableau 5 – Coûts des dommages potentiels, par enjeu et par zone (en kF). x et y sont relatifs aux entreprises (chiffres non publiés pour confidentialité)

Selon les hypothèses retenues, la stratégie actuelle S1 permet donc de réduire les dommages moyens annuels de 7,6 MF alors que la stratégie alternative S2 permettrait de les réduire de 8,0 MF. Les dommages moyens annuels sans protection s'élèveraient à 10,3 MF. L'essentiel des dommages concerne les entreprises (de l'ordre de 40 à 70 % du total), suivies par les habitations (de 15 à 30 %) et les véhicules.

Actualisation

La majeure partie de l'ACB est désormais effectuée et il reste à actualiser les coûts et bénéfices avant de les comparer. Pour les principes et le mécanisme, nous renvoyons à Bouzit (1999).

Nous supposons que, partant d'une situation sans dispositif de protection, tous les investissements s'effectuent dès l'année présente, et que les coûts d'entretien et les bénéfices moyens annuels sont identiques durant les T années du projet. Nous abandonnons donc toute tentative d'introduire des coefficients de croissance, faute de pouvoir les estimer de manière fiable.

$$\text{On note } f(T) = \frac{1 - (1 + r)^{-T}}{r} \text{ le facteur d'actualisation sur la durée du projet T} \quad (5)$$

Le coût C(T) d'une stratégie se décompose en un coût d'investissement C_i et en une somme de coûts d'entretien moyens annuels EMA :

$$C(T) = C_i + \text{EMA} \cdot f(T) \quad (6)$$

Les bénéfices B(T) d'une stratégie sont les bénéfices moyens annuels actualisés sur T années :

$$B(T) = \text{BMA} \cdot f(T) \quad (7)$$

$$\text{Le ratio bénéfices/coût est : } \text{RBC} = \frac{B(T)}{C(T)} \quad (8)$$

et la valeur actuelle nette est : $\text{VAN} = B(T) - C(T)$ (9)

Si on ne se donne pas la durée du projet T, on peut calculer le temps de récupération T_a au bout duquel les bénéfices dépassent les coûts :

$$T_a = \frac{\ln(1 - f_a \cdot r)}{\ln(1 + r)} \quad (10)$$

$$\text{avec } f_a = \frac{C_i}{\text{BMA} - \text{EMA}} \quad (11)$$

La durée de vie des ouvrages de protection n'étant pas bien connue, le critère du temps de récupération est peut-être le plus adéquat. Verrier (1980) l'utilisait d'ailleurs dans son ACB sous le nom de durée d'amortissement.

Tous les résultats de ces calculs sont visibles au tableau 7.

Ainsi, pour un taux d'actualisation de 3 %, la stratégie actuelle est amortie au bout de 9 ans alors que la stratégie alternative est amortie au bout de 8 ans. Si la durée de vie du projet est prise égale à 50 ans, le ratio bénéfices/coûts de la stratégie actuelle s'élève à 2,89 et celui de la stratégie alternative à 3,61. La stratégie alternative serait donc plus efficace économiquement que la stratégie actuelle. C'était prévisible puisque cette stratégie bénéficie du retour d'expérience de la stratégie actuelle, tout en conservant le même degré de protection : ses coûts sont inférieurs et ses bénéfices moyens annuels sont supérieurs. Les deux stratégies de protection sont très efficaces économiquement. Encore une fois,

Enjeux	Dommages			Bénéfices	
	S0	S1	S2	S1/S0	S2/S0
Habitations	3 458	526	307	2 932	3 151
Entreprises	4 532	1 788	1 700	2 744	2 832
Prairie	0	0	0	0	0
Vigne	18	5	2	14	17
Forêt	173	26	93	147	80
Véhicules	1 064	162	95	902	969
RN	95	13	4	82	91
RD	26	7	7	19	19
Rue	223	42	27	181	196
Piste	6	2	1	5	5
Pont RN 90	30	10	3	20	27
Lignes EDF	484	91	60	393	424
Curage	230	25	25	205	205
Total	10 340	2 696	2 325	7 645	8 015

▲ Tableau 6 – Coûts des dommages moyens annuels, puis des bénéfices, par rapport au dispositif S0 selon les enjeux, pour les 3 stratégies, en kF / an.

ces résultats sont à considérer avec prudence, compte tenu de toutes les simplifications effectuées et de toutes les incertitudes.

Analyse de sensibilité

La méthode usuelle pour tenir compte de l'incertitude dans l'ACB est l'analyse de sensibilité. Cette technique est utilisée pour tester la robustesse des résultats de l'évaluation économique en faisant varier les paramètres et les hypothèses du calcul économique. Les hypothèses testées peuvent porter aussi bien sur les valeurs estimées de chaque composante des coûts et des bénéfices que sur le paramètre d'actualisation. Par exemple, le ratio bénéfices/coûts peut être calculé pour différents taux d'actualisation. L'analyste peut alors vérifier si le taux d'actualisation a une influence sur le classement des options de projet testées. Cette analyse est relativement aisée en ce qui concerne les paramètres du calcul final d'actualisation et a été réalisée au Manival : le ratio bénéfices/coûts varie de 1 à 3 lorsque les paramètres de l'actualisation prennent des valeurs extrêmes. Mais pour les autres éléments de l'analyse tels que ceux liés à l'aléa ou aux dommages, entourés d'une très forte incertitude, où elle serait particulièrement pertinente, elle est trop ardue pour être envisagée.

Conclusion : peut-on traiter des choix collectifs aussi complexes avec une rationalité englobante ?

Ce travail consistait à pratiquer, à l'échelle d'un torrent, l'évaluation économique de différents dispositifs de protection contre les crues. Il avait pour objectif de dégager les difficultés méthodologiques et les usages envisageables de cet outil pour l'aide à la décision en matière de prévention des risques torrentiels.

Nous avons pu cerner les principales sources d'incertitude entachant l'ACB. Elles sont très nombreuses :

– l'estimation du coût des ouvrages de protection manque de précision ;

– l'analyse d'aléa comporte une forte incertitude, en particulier dans le cas des laves torrentielles qui sont très complexes, et n'ont pas encore fait l'objet d'une modélisation opérationnelle.

Les inondations de plaines se prêtent beaucoup mieux à la modélisation et facilitent donc davantage l'ACB ;

– à l'incertitude sur l'aléa se superpose une forte incertitude sur le coût des dommages, à cause de la difficulté de caractériser les processus d'endommagement et du manque de données pour évaluer les coûts de réparation ou reconstruction ;

– il est difficile de connaître l'influence des ouvrages sur le phénomène naturel. Bon nombre de questions techniques sur les ouvrages et leur fonctionnement ne sont pas résolues. L'utilisation d'outils économiques ne doit pas masquer ce problème. Elle pourrait même sembler quelque peu prématurée dans la mesure où le meilleur choix technique, au sens du plus efficace indépendamment des considérations économiques, porte souvent à controverse ;

– l'ACB ne prend pas en compte ou très difficilement les critères socio-économiques que sont, entre autres, les choix politiques de développement et d'aménagement du territoire, l'importance des divers enjeux aux yeux des décideurs, la subjectivité de la perception du risque par la population, ou encore le sentiment de sécurité et ses conséquences socio-économiques positives.

▼ Tableau 7 – Résultats actualisés de l'ACB.

Paramètres d'actualisation		
Durée du projet	T	50 ans
Taux d'actualisation	r	3,0 %
Facteur d'actualisation	f(t)	25,7 ans

Dispositif		S1	S2	
Coût d'investissement	C_i	59 000	52 000	kF
Entretien moyen annuel	EMA	350	200	kF/an
Bénéfice moyen annuel	BMA	7 645	8 015	kF/an
Coût total	$C(t)$	68 005	57 146	kF
Bénéfice total	$B(t)$	196 697	206 237	kF
Ratio bénéfice/coût	RBC	2,89	3,61	
Valeur actuelle nette	VAN	128 692	149 091	kF
Facteur d'actualisation pour T non fixé	f_a	8	7	ans
Temps de récupération	T_a	9	8	ans

En conséquence, à ce stade, l'ACB doit être considérée comme un outil d'aide à la décision parmi d'autres, d'une fiabilité toute relative. Un usage pertinent pourrait être l'évaluation comparative de différents dispositifs. Dans tous les cas, il importe dans la présentation des résultats de toute ACB de faire apparaître clairement les hypothèses adoptées, les simplifications effectuées, les incertitudes estimées.

L'évaluation économique appliquée aux risques naturels pourrait être améliorée par le développement de plusieurs thèmes de recherche à long terme :

- connaissance des phénomènes naturels, des processus d'endommagement et de l'influence des ouvrages ;

- connaissance de la résistance des enjeux (constructions, réseaux...) aux phénomènes ;

- développement des travaux économiques sur les dommages dus aux catastrophes naturelles, par estimations d'experts, enquêtes, recueil et gestion des données.

Il faut toutefois rester conscient que ces recherches ne remédieront que partiellement aux défauts relevés ci-dessus. Dès lors, nous rejoignons O. Godard (1996) ou P. Roqueplo (1983, p. 153) lorsqu'ils émettent de sérieuses réserves sur des méthodes se voulant rationnelles et objectives : « quelles est la pertinence des outils théoriques utilisés pour intégrer dans une rationalité englobante les différents aspects de questions aussi vastes ? ». □

Remerciements

Cette étude a été financée par le ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, direction de la Prévention des pollutions et des risques dans le cadre de la convention n°5/99 du 01/03/1999 – titre V – 57.20 article 50 – étude 5.2. Mais elle n'existerait pas sans les élus, agents de l'administration, professionnels, qui ont accepté de fournir des informations ou des données. Que tous trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Résumé

Ce travail avait pour objectif de contribuer à cerner les difficultés méthodologiques et les usages envisageables de l'évaluation économique pour l'aide à la décision en matière de prévention des risques torrentiels. Il consistait à appliquer l'analyse coûts-bénéfices (ACB), outil retenu ici, à l'échelle d'un torrent pour différents dispositifs de protection contre les de crues. Nous avons pu cerner les principales sources d'incertitude entachant l'ACB. Elles sont très nombreuses. En conséquence, à ce stade, l'ACB doit être considérée comme un outil d'aide à la décision parmi d'autres, d'une fiabilité toute relative. Un usage pertinent pourrait être l'évaluation comparative de différents dispositifs. Dans tous les cas, il importe dans la présentation des résultats de toute ACB de faire apparaître clairement les hypothèses adoptées, les simplifications effectuées, les incertitudes estimées.

Abstract

The objective of this empirical work was to contribute to define methodologic difficulties and possible uses of the economic evaluation carried out in order to help decision-making for torrent hazards preventive management. The cost-benefit analysis (CBA) has been the tool selected here and applied to a torrent watershed for various remedial measures against floods. We have pointed out the main sources of uncertainty impacting the CBA. They are a lot. As a consequence, at this stage, CBA should be considered as a decision-making tool, among the other one, and poorly reliable. A relevant use for it could be the comparative evaluation of some different protective devices. Somehow, it is important to show the results of any CBA clearly joined with the assumed hypothesis, the carried out simplifications, and the assessed uncertainties.

Bibliographie

- ARNAL, C., MASURE, P., 1996, Approche intégrée des risques dus aux aléas naturels et leurs impacts potentiels sur les établissements humains, industriels, infrastructures sensibles, *in Module 1 : Évaluation de l'impact économique et financier d'une catastrophe naturelle – Le cas de Nîmes*, Le Bourget du Lac, BRGM/ministère de l'Environnement, 69 p.
- BCEOM, 1980, *Lutte contre les nuisances des inondations : méthode sommaire d'évaluation des critères économiques*, rapport BCEOM/ministère de l'Environnement, 60 p.
- BOURRELIER, P.-H., 1997, *La prévention des risques naturels*, rapport d'évaluation, La documentation française, ISBN 2-11-003907-8, 702 p.
- BOUZIT, M., 1999, *Éléments méthodologiques pour l'évaluation économique des dispositifs de protection contre les risques torrentiels*, rapport pour le compte du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, convention n° 17/98, Cemagref Montpellier, 35 p. + annexes.
- BROCHOT, S., 1991, *Torrent du Manival : étude préalable à l'aménagement, rapport pour le compte du Syndicat intercommunal des torrents du St-Eynard*, Cemagref Grenoble, 62 p. + cartes.
- COMMANDEUR, R., 1979, *Coûts et avantages des travaux RTM – Cas d'une zone urbanisée*, CTGREF Grenoble, 80 p.
- DESPLANCHES, J.-L., 1999, *Évolution temporelle de la production de matériaux dans les bassins torrentiels : l'exemple de trois torrents des Alpes du nord*, mémoire de DEA Interface nature-société, université de Savoie, 55 p + annexes.
- DUCLOS, P., BOUZIT, M., BROCHOT, S., 1999, Application d'une méthode d'analyse économique à la définition d'une stratégie de protection *in Éléments d'aide à la programmation des investissements contre les risques naturels et à l'élaboration de plans de prévention des risques (PPR)*, Tacnet J.-M., coordonateur, pour le compte du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DPPR, convention 5-99, étude 5.2, Cemagref Grenoble et Montpellier, 85 p. + annexes.
- GARRABE, M., 1994, *Ingénierie de l'évaluation économique*, Ellipses, Enseignement supérieur tertiaire, Paris, 255 p.
- GODARD, O., 1996, L'évaluation économique comme procédure de coordination dans la protection de la santé et de l'Environnement, *Cahiers du groupe Epistémologie des cindyniques*, n° 3, déc., p. 39-60.
- GRELOT, F., GUILLAUME, B., GENDREAU, N., 2002, Gestion préventive des inondations : quels outils économiques pour l'aide à la décision ?, *Ingénieries-EAT*, n° 29, p. 27-36.
- GRIFFIN, R.C., 1998, The fundamental principles of cost-benefit analysis, *Water Resources Research*, vol. 34, n° 8, p. 2063-2071.
- GRUFFAZ, F., 1997, *Torrent du Manival (Isère) : étude de bassin et de la plage de dépôt torrentiels*, service RTM de l'Isère, 66 p. + cartes.
- JOBERT, B., MULLER, P., 1987, *L'État en action*, PUF, Paris, 242 p.
- LEONE, F., 1996, *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*, thèse de doctorat en Géographie (Risques Naturels), univ. J. Fourier, Grenoble I, 274 p.
- MATHEU, M. (dir.), 2002, *La décision publique face aux risques*, rapport du séminaire « Risques », La Documentation française, 168 p.
- MUNIER, B. et al., 1997, *Rapport sur les méthodes coûts-bénéfices de la prévention des risques naturels*, GRID-ENS Cachan pour le compte du ministère de l'Environnement, 292 p.

PIERRE, B., CŒUR, D., 2000, *Recherche historique sur le torrent du Manival – Historique Isère et torrents affluents*, CRHIPA-UPMF/Acthys, 36 p.

ROQUEPLO, P., 1983, *Penser la technique – Pour une démocratie concrète*, Seuil.

TORTERETOT, J.-P., 1993, *Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes*, thèse en Sciences et techniques de l'environnement, ENPC et Cergrene, Paris, 283 p. + annexes.

VERRIER, C., 1980, *Coûts et avantages des travaux RTM – Cas des voies de communication*, mémoire de 3^e cycle de l'IGA VERRIER de Grenoble, pour le compte du Cemagref, 143 p.

WILHEM, C., 1997, *Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz – Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung*, Davos, IFENA, 309 p.

ZOLLER, H., BEGUIN, H., 1992, *Aide à la décision – L'évaluation des projets d'aménagement*, Economica, Paris, 291 p.