Constitution d'une échelle d'évaluation des dommages liés aux cavités souterraines. Une approche pluridisciplinaire d'aide à la décision

Ghassan Zihri, Claire Arnal, Michel Messin, Thierry Verdel, Jean-Louis Deschanels, Virginie Dodeler, Cyril Tarquinio, Olivier Deck, Myriam Merad, Romuald Salmon

▶ **To cite this version:**

Ghassan Zihri, Claire Arnal, Michel Messin, Thierry Verdel, Jean-Louis Deschanels, et al.. Constitution d'une échelle d'évaluation des dommages liés aux cavités souterraines. Une approche pluridisciplinaire d'aide à la décision. Colloque International Après-mine 2003, Feb 2003, Nancy, France. pp.NC. ineris-00972408

HAL Id: ineris-00972408
https://ineris.hal.science/ineris-00972408

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSTITUTION D'UNE ECHELLE D'EVALUATION DES DOMMAGES LIES AUX CAVITES SOUTERRAINES. UNE APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE D'AIDE A LA DECISION.

ZIHRI Ghassan[1], ARNAL Claire[2], MESSIN Michel[3], VERDEL Thierry[1], DESCHANELS Jean-Louis[4], DODELER Virginie[5],TARQUINIO Cyril[5], DECK Olivier[1], MERAD Myriam[6], SALMON Romuald[7]

[1]LAEGO, École Nationale Supérieure des Mines, Parc de Saurupt, 54042 Nancy Cedex – France. zihri@mines.inpl-nancy.fr, thierry.verdel@mines.inpl-nancy.fr, olivier.deck@mines.inpl-nancy.fr

[2]BRGM., 117 av. de Luminy, B.P. 167, 13276 Marseille Cedex 09 – France. c.arnal@brgm.fr

[3]BRGM, 3. av. Claude Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2 – France. m.messin@brgm.fr

[4]Deschannels Consultants, 12 rue de l'Orne, 78200 Marne-la-Ville – France. deschanels.consultants@wanadoo.fr

[5]Laboratoire de Psychologie, UFR Lettres et Sciences Humaines, Ile du Saulcy, 57045 Metz Cedex 1 - France. virginie.dodeler@wanadoo.fr, tarquinio@zeus.univ-metz.fr

[6]LAMSADE, UMR 7024, Université Paris-Dauphine, Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cedex 16. myriam.merad@mines.inpl-nancy.fr

[7]INERIS, Parc Alata, 60550 Verneuil-en-halatte – France. romuald.salmon@ineris.fr

RESUME : Lorsque l'instabilité des cavités souterraines peut menacer des biens ou des personnes, il est nécessaire de réaliser de façon préventive une évaluation des dommages potentiels ainsi qu'une estimation rapide de ces mêmes dommages quand l'effondrement de ces cavités survient. La majorité des échelles de dommages existantes et utilisées ne prennent en compte que des dommages matériels, aux biens et aux personnes, aisément et rapidement accessibles. Néanmoins les dommages matériels reflètent insuffisamment l'importance d'un effondrement car les dommages induits peuvent être très importants. Pour rendre compte de ces dommages induits, nous proposons une approche dans laquelle les enjeux exposés sont non seulement des biens et des personnes mais aussi les fonctions que ces derniers assurent au sein de la collectivité. Nous suggérons ainsi une grille de lecture matricielle où figurent en ligne, les biens, les personnes, ainsi que les fonctions ou services et en colonne, les différents systèmes possibles d'évaluation de ces dommages (évaluation économique, politique, sociale, ...). Se dessine alors un outil pour la prévention et pour la gestion de crise permettant aux décideurs d'évaluer les dommages dus aux cavités souterraines. C'est le principe de cet outil que nous exposons dans cet article.

MOTS-CLEFS : cavité souterraine, échelle, dommages, évaluation, prévention, risque

ABSTRACT : Soil subsidence following underground cavities collapse can cause severe losses. These losses must be evaluated as soon as the subsidence occurs or can be estimated before. Induced damage may outweight direct losses at long term. Most of existent damage scales do not take in consideration these induced and indirect consequences that may occur. We suggest a new approach that analyses direct and induced effects of underground cavities collapses through a functionnal description of concerned area. We show how we can estimate direct damages to functions as well as their economical, social, political or mediatical impacts by means of a tool which can be used for decision-aid.

KEY-WORDS : underground cavities, scales, damages, evaluation, prevention, hazard.

1. Le cadre de l'étude et les partenaires

Suite à l'exploitation intense du sous-sol français sur de vastes superficies, d'importants territoires sont menacés par l'instabilité de cavités souterraines susceptibles de provoquer des mouvements de terrain. Ces événements peuvent engendrer d'importants dommages qui doivent être évalués à des fins de prévention ou d'action rapide dans le contexte des situations d'urgence (de crise) face auquel le décideur peut être placé.

L'évaluation des dommages doit par ailleurs permettre la mise en place d'une réglementation, d'une politique d'information et de communication adaptées, d'autant plus efficaces qu'elles sont préparées en dehors de tout contexte de crise.

Les outils permettant de telles évaluations n'existent pas dans le domaine des risques liés aux cavités souterraines, c'est la raison pour laquelle, le GISOS[1], d'une part, et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, d'autre part, ont souhaité bâtir une échelle de dommages. Celle-ci a pour objectif de permettre aux responsables de la gestion du risque d'évaluer l'ensemble des conséquences résultant ou pouvant résulter des désordres provoqués par les vides souterrains. Associant les savoir-faire de divers partenaires, géologues, géotechniciens, sociologues, psychologues, spécialistes des risques naturels et industriels, cette recherche porte sur l'évaluation des *dommages matériels* tels que les dommages aux personnes ou les dommages aux biens matériels, mais aussi sur l'évaluation des *dommages fonctionnels* qui peuvent affecter les transports, le logement, l'approvisionnement, l'enseignement, l'administration, les secours etc. Les impacts des dommages sont évalués en termes économiques, sociaux, politiques, médiatiques, etc. Ces évaluations constituent une échelle multidimensionnelle de dommages adaptées aux différents besoins de la gestion du risque.

La réalisation de ce travail comporte les quatre grandes phases suivantes :

1) Mise en commun des connaissances dont les principales étapes sont :

- l'identification d'un vocabulaire commun ;
- la caractérisation des cavités et des dommages qui leur sont liés ;
- l'identification des échelles de dommages existantes.

2) Analyse :

- des échelles existantes susceptibles d'être utilisées ;
- des cas concrets de mouvements terrains dus à des cavités souterraines.

3) Identification de critères d'évaluation et d'indicateurs pour l'évaluation des dommages sur les plans économiques, sociaux, politiques, médiatiques, etc.

4) Etude de cas et validation.

2. Les risques liés aux cavités souterraines

L'exploitation du sous-sol entraîne une modification plus ou moins durable du milieu naturel qui peut ne retrouver son équilibre (mécanique, hydrologique, chimique) qu'après plusieurs décennies.

[1] Groupement d'intérêt scientifique sur l'Impact et la Sécurité des Ouvrages Souterrains regroupant le BRGM, l'INERIS, le LAEGO et l'Ecole des Mines de Paris.

Durant cette période, lorsque l'équilibre initial du massif se rompt, des situations critiques peuvent apparaître (effondrements) entraînant des dommages sur les biens, les personnes, les ressources naturelles et plus généralement sur le fonctionnement de la collectivité. C'est cette rencontre entre l'aléa mouvement de terrains et les enjeux en surface qui créent le risque et qui obligent les acteurs de la gestion des risques à prendre des dispositions permettant de protéger les biens, les personnes, le milieu naturel, d'informer, de prévenir et de réglementer dans un contexte parfois sensible avec des populations fragilisées dans une situation économique dégradée.

Certains bassins exploités en France sont ou pourront être affectés par de tels phénomènes, les extractions de minerais et de matériaux ayant été fréquentes sur le territoire national. L'arrêt des exploitations en France et au-delà en Europe et dans le monde va donc entraîner une augmentation significative des surfaces susceptibles d'être affectées par des phénomènes souterrains dangereux, ce qui générera des contraintes fortes pour l'ensemble des différents acteurs.

En particulier, les problèmes liés à l'aménagement ou à la construction des zones comportant des ouvrages souterrains vont se révéler d'autant plus aigus, qu'à cette échelle, leur prise en compte est récente et que leurs traitements administratif, financier, juridique se révèlent complexes avec des procédures émergentes. Les conséquences récentes des effondrements dans le Bassin ferrifère lorrain préfigurent assez bien ce que sera par exemple la difficile gestion de la déprise minière dans les décennies qui viennent.

Evaluer les risques liés à la présence de ces ouvrages souterrains, c'est estimer les dommages susceptibles d'apparaître suite à leur instabilité. Cela nécessite une bonne connaissance des ouvrages souterrains dans l'espace (où se trouvent-ils ?) et dans le temps (quelle est la probabilité de rupture ou plus généralement, la prédisposition à la rupture ?) ainsi que des mécanismes de rupture et leurs effets en surface. Mais cela nécessite également une bonne connaissance des enjeux susceptibles d'être affectés ainsi que des contextes (notamment juridiques) dans lesquels on est placé.

Ainsi, concernant les cavités anthropiques, on distingue en France, les cavités liées à l'exploitation de substances concessibles[2] au sens de l'article 2 du Titre 1er du Code minier et qui dans ce cas sont appelées mines, de toutes les cavités ayant permis l'extraction d'autres substances et qui sont appelées carrières. Cette distinction définit deux régimes juridiques différents : le Code minier d'une part et le régime de droit Commun d'autre part qui s'applique à la période de post extraction des carrières. Ces textes fixent la responsabilité des acteurs et les conditions d'indemnisation, en cas de mouvement de terrain et de dommages. Ils sont bien entendu différents d'un régime à l'autre.

Concernant les mouvements de terrains induits par l'instabilité de ces cavités, on distingue généralement :

- les effondrements qui se manifestent par un abaissement brutal de la surface, se produisent de façon relativement brutale et spontanée et se traduisent par une rupture franche des terrains de surface. Ils résultent de la ruine ou de la rupture des ouvrages sous-jacents qui assuraient la tenue du terrain (piliers, piliers couronne, planches, planchers, etc.). Ils peuvent être localisés (comme les fontis) ou généralisés quand la rupture au fond concerne la majorité des ouvrages de support (d'après MINEFI, 2001).

[2] Les substances concessibles sont essentiellement les substances énergétiques, les minerais de substances métalliques et les terres rares.

- les affaissements qui se manifestent en surface par la formation d'une dépression topographique, sans rupture, dont la formation est la conséquence de la déformation et du fléchissement, souples et progressifs, des terrains sus-jacents à une exploitation souterraine (d'après MINEFI, 2001).

- d'autres phénomènes particuliers comme, par exemple, l'écroulement de falaises sous-minées, dangereuses dans la mesure où l'événement peut entraîner le mouvement d'une masse rocheuse importante à l'échelle du site dans une direction autre que verticale.

3. Caractéristiques des dommages

Les mouvements de terrains induits par l'instabilité ou la rupture des cavités souterraines peuvent affecter, en surface, des territoires plus ou moins importants, de manière plus ou moins brutale, entraînant d'importants dommages sur les personnes, les biens ou les ressources ainsi que sur les fonctions ou services qui sous-tendent la vie de la collectivité.

Les évènements brusques comme les fontis, peuvent entraîner de graves dommages aux personnes par ensevelissement ou par destruction partielle des habitations. Dans le cas d'évènements moins brutaux, ce sont plutôt des troubles psychologiques associés à la perte de logement qui sont observés. Les bâtiments peuvent être endommagés à des degrés divers allant du dommage architectural qui n'affecte pas la stabilité de l'édifice à la destruction complète. Les réseaux et les infrastructures peuvent être affectés, voire détruits. Les ressources, et en particulier les eaux souterraines, peuvent être altérées, en quantité et en qualité.

Ces dommages affectent les fonctions correspondantes comme le logement des sinistrés, une baisse de qualité, une perturbation, des interruptions intempestives ou une interruption prolongée des services rendus par les réseaux et l'exploitation des ressources.

Ces dommages ont ou peuvent avoir des conséquences économiques quand ils conduisent au gel de réserves foncières rendues inconstructibles ou quand ils entraînent une modification des conditions d'utilisation de ces réserves (nouvelles dispositions constructives par exemple) constituant ainsi un frein au développement économique des régions concernées.

Ils peuvent avoir des conséquences sociales qui s'expriment par une forte mobilisation associative et des manifestations de mécontentement ou d'inquiétude.

Ils ont ou peuvent avoir également des conséquences politiques et médiatiques qui reflètent, en général, l'intensité des impacts sociaux et économiques. La forte réaction associative ou l'importance des dommages économiques conduisent les acteurs politiques à se mobiliser et les médias à relayer l'information. C'est ainsi que les évènements lorrains ont conduit les parlementaires à proposer et à adopter une nouvelle loi sur l'indemnisation des victimes de dommages miniers en phase de post-extraction.

Le tableau 1 donne, pour quelques exemples, une idée des dommages pouvant résulter de l'effondrement de cavités souterraines tels qu'ils sont généralement appréhendés à partir des évaluations habituelles souvent limitées à une estimation financière.

Tableau 1. Quelques cas étudiés

Lieu	Régime juridique	Date	Évènement	Étendue (m^2)	Dommages		Coût (K€)
					Physiques	Fonctionnels	
St Émilion (Vincent, 1999)	Carrière de calcaire	1997	Effondrement	900	Destruction de 900 m^2 d'un terrain viticole	Perte de production	650[3]
Chanaz (BRGM, 1996)	Carrière de calcaire	1996	Effondrement	3000	3 maisons fissurées Destruction 200m d'une RD Destruction 200m d'une RC Destruction de canalisations et d'un transformateur EDF	Interruption de la fonction habitat Perte de la valeur des maisons Perte de production Interruption du transport et de l'approvisionnement	330[4]
L'Hautil (Thorin, 1992)	Carrière de gypse	1991	Fontis	706,5	Une personne morte Un jardin effondré	Une maison est devenue inhabitable	-
Auboué et Moutiers (Malgorn, 1998)	Mine de fer	1996	Affaissement	-	De centaines de bâtis endommagés Plusieurs dizaines de bâtis démolis	Interruption de la fonction habitat Perte de production Interruption du transport et de l'approvisionnement.	35000[5]

De ces cas, on retiendra que l'impact des dommages aux fonctions peut s'avérer à long terme plus grave que celui des dommages matériels. Ainsi, par exemple, dans le cas de Saint-Émilion, la perte de production de vin par le propriétaire a été estimée à plus de 40 K€/an (en 1997) et le terrain effondré est toujours inutilisable.

4. Méthodologie mise en place

4.1. Les échelles existantes

De nombreuses échelles concernant différents types d'aléas ou de risques ont été recensées et analysées pour alimenter notre réflexion sur la construction d'une échelle de dommages liés aux cavités souterraines. Diverses références ont été utilisées dont les suivantes : (FEMA, 1999 ; Léone, 1996 ; Guillande, 2001 ; Météo France, 2001 ; NHRC, 1999 ; Grünthal, 1998 ; BARPI, 1993).

Elles regroupent principalement des échelles de dommages dus aux catastrophes naturelles ainsi que l'échelle française de gravité des accidents industriels (BARPI, 1993).

On peut ainsi distinguer cinq types d'échelles de dommages (figure 1) :

- les échelles typologiques (ET) définissent pour un bien donné différents niveaux d'endommagement. Un exemple peut être donné avec les niveaux de dommage au bâti (D0 à D5) de l'échelle macrosismique EMS 98 dans laquelle on distingue des degrés d'endommagement allant de la fissuration à l'effondrement ;

[3] Coût estimé couvrant la réparation (300 K€ estimé par ANTEA), la valeur foncière du terrain (150 K€) et la perte économique sur 5 ans (200 K€ d'après le propriétaire).
[4] Coût de la réhabilitation de la route départementale et de la route communale (source DDE Savoie).
[5] D'après Malgorn, 1998.

- les échelles indiquant un niveau de dommages potentiels en fonction de l'intensité d'un événement (E1). On trouve ici les échelles météorologiques, ou cycloniques. À une intensité de phénomène prévisible sont associés des niveaux de dommages potentiels typiques tels que : envol des toitures, destruction de bâtiments légers, etc. ;

- les échelles permettant d'évaluer l'intensité d'un événement en fonction du niveau des dommages survenus (E2). Ce sont par exemple les échelles sismiques qui permettent, à partir du niveau d'endommagement du bâti et de la proportion de bâtiments détruits, d'évaluer l'intensité de l'événement (à travers l'intensité de ses conséquences). L'utilisation de ces échelles implique que soient connues les fonctions de vulnérabilité des éléments exposés.

- les échelles de dommages proprement dites (ED) décrivent un ensemble cumulé de dommages. Elles sont peu nombreuses et hétérogènes dans leur contenu. Il s'agit par exemple de l'échelle de gravité des accidents industriels qui prend en compte des dommages corporels mais aussi des dommages aux ressources naturelles et à l'économie ou l'échelle de gravité du Ministère de français chargé de l'Environnement (MATE, 1997) qui prend en compte les dommages corporels (les morts) et les coûts financiers.

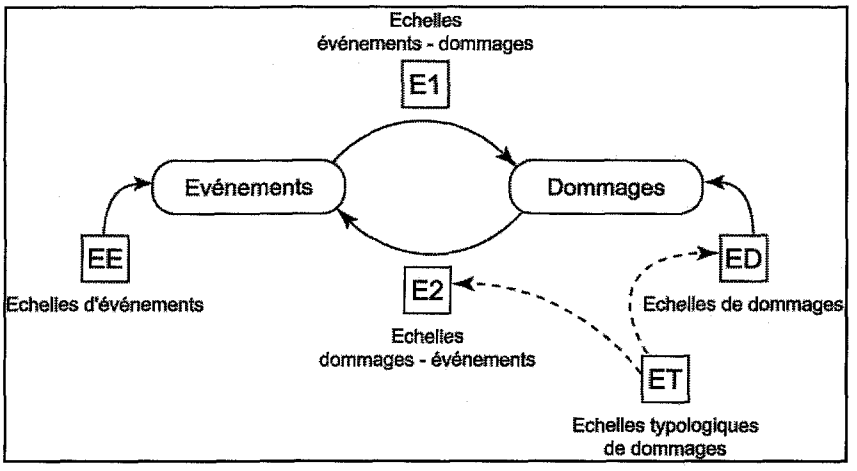

Figure 1. Répartition des différentes catégories d'échelles selon leur objectif

- les échelles d'intensité d'un événement (EE) telles que l'échelle de Richter (sismique), l'échelle de Beaufort (vent), l'échelle de Douglas (hauteur des vagues) etc., permettent de caractériser un événement sans référence aux dommages qu'il est susceptible d'engendrer. Elles intéressent donc moins notre travail.

Hormis l'évaluation des dommages, les échelles associent parfois :

- des recommandations sur les comportements à tenir (échelle météo) ;
- les durées d'interruption de certaines fonctions, ou les temps de réparation nécessaires (Hazus) ;
- la nature et l'importance des réparations à prévoir (Damage State).

D'une manière générale, ces échelles sont hétérogènes et difficiles à comparer les unes aux autres. Il ressort néanmoins que l'évaluation est principalement physique ou financière. Les objets étudiés sont essentiellement les dommages aux personnes et aux biens matériels et plus particulièrement les dommages à l'habitat. Ceux-ci ont fait l'objet de descriptions fines utilisables quel que soit l'aléa. Les dommages aux ressources naturelles et aux fonctions sont peu ou pas étudiés.

Les objectifs et finalités que les échelles cherchent à satisfaire sont :

- la description normalisée de dommages ;
- la prévention, par l'information des populations (type échelle météo) ;
- l'évaluation par des experts de l'intensité d'un événement (échelle MSK) ;
- la cartographie du risque par et pour les experts ;
- la comparaison des conséquences d'évènements (échelle du Ministère français chargé de l'Environnement, échelle de gravité des accidents industriels) à des fins de communication ou de mise en place de politiques de prévention.

4.2. Positionnement de l'échelle par rapport aux différentes phases de la gestion du risque

L'échelle de dommages en cours de réalisation doit permettre :

- la description normalisée de dommages ;
- l'analyse d'une situation de crise, par l'évaluation des dommages matériels et fonctionnels, mais aussi par l'évaluation des conséquences économiques, sociales, politiques ou médiatiques de ces dommages ;
- l'étude des conséquences possibles des différents évènements potentiels (sur la base de scénarios) permettant de mettre en place une politique de prévention/protection ou d'établir des cartes de risques.

Ainsi, dans une phase de prévention, et sur la base de scénarios, l'échelle envisagée permet d'estimer les dommages potentiels puis de cartographier les risques (phase d'évaluation) pour contribuer à la mise en place d'une politique de prévention. Cela requiert au préalable une connaissance des éléments exposés et en particulier de leur vulnérabilité face à l'événement. Si l'événement survient (situation dégradée), l'échelle facilite une estimation rapide des dommages réalisés et constitue alors, par la richesse de sa description fonctionnelle, une aide à la gestion de cette situation. Cette aide est destinée en particulier à la définition des mesures d'urgence qu'il faudra prendre pour limiter les conséquences indirectes (sur les services ou les fonctions) qui ne sont pas immédiatement perceptibles. L'analyse de l'accident permet ensuite de corriger, par retour d'expérience, l'évaluation préventive faite au préalable.

4.3. Principes de l'évaluation globale : présentation de la grille

Comme nous l'avons signalé, les échelles existantes décrivent principalement des dommages matériels directs (souvent les dommages aux bâtiments et aux infrastructures) sans appréhender les dommages indirects qui en découlent et qui peuvent prendre une importance considérable. Si l'estimation de ces dommages indirects est difficile à réaliser, il est possible de s'en faire une idée. Pour cela, on peut considérer que les biens affectés par un événement sont le support de fonctions ou services à la collectivité. La route contribue à la fonction Transport, les réseaux divers aux fonctions Communication (téléphone), Alimentation (eau, gaz, électricité), Gestion des déchets (égoûts), les maisons à la fonction Logement, etc. Ainsi, une représentation fonctionnelle de l'activité humaine permet d'envisager l'analyse des enjeux et des dommages affectant ces enjeux d'une manière plus générale, plus globale que la simple description des personnes, des biens et des ressources exposés à un danger. Dans une approche globale des enjeux, on peut ainsi dénombrer une dizaine de fonctions principales pouvant être atteintes par l'effondrement ou l'affaissement d'une cavité souterraine.

Comme l'illustre la figure 2, la méthodologie proposée consiste, dans un premier temps, à décrire les dommages physiques aux personnes, aux biens et aux ressources et à les évaluer de manière classique. On peut, pour cela, faire référence à des échelles existantes pour caractériser ou estimer le

niveau de ces dommages. Dans cette évaluation, les échelles typologiques peuvent être utilisées (voir par exemple tableau 2). Il faut les croiser avec des quantités de biens ou de personnes touchées ou avec leur importance (lorsqu'il s'agit d'une ressource il est nécessaire de préciser par exemple son importance en volume et/ou qualité).

Tableau 2. Exemple d'échelle typologique de dommages aux biens matériels

Niveau	Dommages typologiques
1	Dommage architectural. Le bien est touché esthétiquement. Les réparations ne sont pas nécessaires.
2	Dommage fonctionnel. Le bien est endommagé mais reste stable. Les réparations sont nécessaires mais non urgentes.
3	Dommage structurel. La stabilité du bien endommagé n'est pas assurée. Les réparations sont nécessaires et urgentes.
4	Dommage total. Le bien est partiellement ou totalement détruit. Réparation difficile ou impossible.

Dans un deuxième temps, on s'interroge sur chacune des fonctions répertoriées et l'on évalue les dommages aux fonctions qui d'une manière générale peuvent être caractérisés par trois critères principaux qui sont : l'intensité du dommage (baisse de qualité de la fonction, perturbation de la fonction, interruptions intempestives de la fonction, mise hors service prolongée de la fonction), la durée du dysfonctionnement (de quelques heures à quelques mois) et la quantité d'éléments touchés ou l'importance fonctionnelle des éléments touchés qu'on peut décrire dans une sous-échelle à 4 niveaux. Par exemple, l'importance fonctionnelle d'une route coupée sera de niveau 1 (individuel) si elle ne sert à desservir que quelques maisons, de niveau 2 (local) si elle est la seule voie d'accès à tout un quartier, de niveau 3 (régional) si elle sert au transport de nombreuses personnes extérieures à la commune où se situe l'événement et de niveau 4 (national ou plus) quand elle permet des échanges nationaux ou internationaux (une autoroute par exemple).

Ainsi l'évaluation des dommages à une fonction peut être conduite à partir de l'expression générale suivante :

$$\text{Dommage aux fonctions} = \text{Intensité du dommage} \otimes \text{Durée d'altération ou d'interruption de la fonction} \otimes \text{Importance fonctionnelle}$$

Dans un troisième temps, on cherchera à évaluer les conséquences de ces dommages aux fonctions sur les plans économique, social, politique, médiatique et peut-être également sur les plans juridiques, scientifiques et techniques, etc. Pour cela, nous proposons un mode d'évaluation simple présenté dans le tableau 3.

Tableau 3. Niveaux d'évaluation de l'impact des dommages aux fonctions

1	2	3	4
Individuel	Local/ Communal	Régional/ Départemental	National/ International

Ainsi, par exemple, l'impact médiatique des dommages à la fonction Logement engendrés par des effondrements d'Auboué et Moutiers est de niveau 4 car l'information a été relayée par les médias nationaux. L'impact politique est également de niveau 4 car les dommages ont conduit à une mobilisation politique nationale et à la réforme du code minier, suite à des discussions parlementaires. L'impact social est de niveau 3 car les populations affectées sont toutes les

populations concernées potentiellement par les affaissements miniers du Bassin ferrifère lorrain. L'impact économique est de niveau 3 car le gel des permis de construire affecte également tout le Bassin ferrifère. Par contre, les dommages à la fonction Transport n'ont eu qu'un impact économique, politique, médiatique ou social de niveau 2 (niveau local/ communal).

Pour compléter et rendre opérationnelle l'échelle ainsi constituée, il reste à donner à l'évaluateur des critères ou des indicateurs lui permettant de choisir tel ou tel niveau de dommages dans chacune des cases de la grille. Nous travaillons actuellement sur ce point.

Enfin, pour un événement donné, il est possible d'envisager une agrégation de l'ensemble des sous-évaluations par colonne (en ne retenant par exemple que la note maximale obtenue dans cette colonne). Cette agrégation permet d'attribuer à chaque événement un profil de dommages comme dans l'exemple théorique du tableau 4 facilitant ainsi la comparaison d'événements entre eux.

Tableau 4. Exemple d'évaluation agrégée

	Dommages physiques aux fonctions	Impact Economique	Impact Social	Impact Politique	Impact Médiatique
Evénement X	2	2	3	4	4

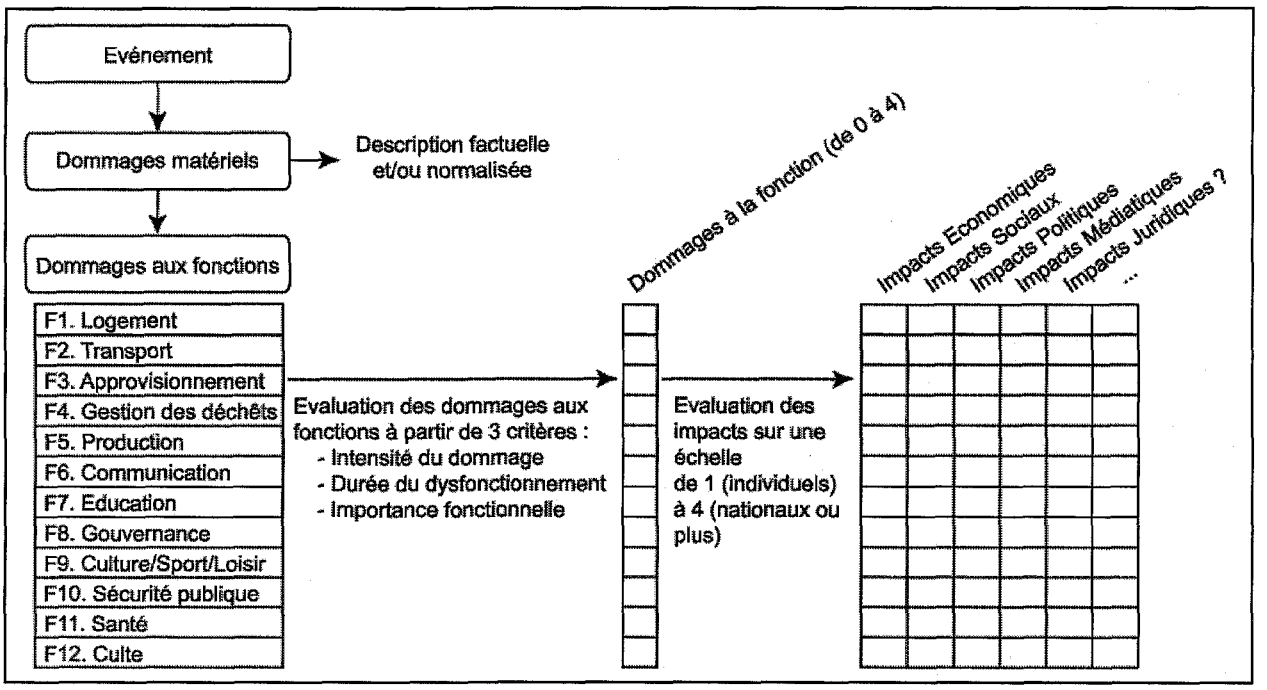

Figure 2 : Principe général de l'évaluation des dommages

5. Application : Effondrement de Chanaz en 1996

Chanaz est une commune de 675 ha dont la population compte environ 500 habitants. L'économie de la commune est fondée essentiellement sur le tourisme pendant la saison d'été, où quelques 150.000 visiteurs assurent la continuité de cette activité.

En juillet 1996, l'effondrement d'une carrière de calcaire a causé les dommages suivants :

- effondrement d'une route communale et d'une route départementale
- rupture de canalisations en eau potable et usée
- rupture d'une partie du réseau électrique et téléphonique
- fissuration de trois maisons

Le tableau 5 montre, sur cet exemple, comment l'échelle de dommages proposée peut être utilisée pour caractériser cet événement. Il s'agit ici d'une évaluation expérimentale donnée à titre d'exemple.

Tableau 5. Évaluation de principe des dommages à Chanaz

	Description factuelle	**Evaluation des dommages**	**Impact Économique**	**Impact Social**	**Impact Politique**	**Impact Médiatique**
Personnes	-	0				
Biens	Effondrement d'une RC et d'une RD Rupture des canalisations en eau potable et usée Rupture du réseau électrique et téléphonique Fissurations de 3 maisons	4				
Ressources	-	0				
Habitat	8 personnes déplacées pendant 15 jours chez des parents par précaution jusqu'à la fin des travaux de stabilisation du sous-sol.	4	1	1	1	1
Transport	L'accès à la commune coupé pendant 1 semaine. Pendant 6 mois, usagers et touristes obligés de faire un détour de 1 km pour les premiers et de 10 km pour les seconds. 12 familles privées d'accès à leur maison pendant 2 jours. Cet accès est resté perturbé pendant 1 an.	4	2	2	0	2
Approvisionnement	Interruption d'approvisionnement en eau : 150 usagers privés d'eau à cause de la rupture des canalisations et le vidange de 2 réservoirs d'eau pendant 2 jours.	2	1	2	0	0
Gestion des déchets	Interruption de la canalisation des eaux usées pendant 2 j, une source de gêne pour les 150 habitants en raison des odeurs dégagées.	2	1	2	0	0
Production	Un restaurant privé d'activité pendant 1 semaine pendant la haute saison. Cette activité a été perturbée jusqu'à rétablissement de la chaussée 6 mois plus tard.	3	1	2	0	0
Communication	150 habitants privés de lignes téléphoniques pendant 2 jours à cause de la rupture d'un câble FranceTelecom.	2	1	2	0	0
Éducation	-	0	0	0	0	0
Gouvernance	Le maire a fait l'objet d'une enquête administrative par les gendarmes pour s'assurer que les permis de construire n'étaient pas délivrés de façon à mettre en péril la vie des occupants. Le préfet a donné l'ordre de la cesser.	1	0	0	2	0
Culture/Sport/Loisir	-					
Sécurité publique	-					
Santé	-					
Culte	-					

6. Conclusion

De façon habituelle, l'évaluation des dommages ne concernait essentiellement que les composantes physiques et/ou financières des dommages matériels.

Nous proposons une évaluation plus globale des dommages par une approche fonctionnelle. Celle-ci permet d'estimer les dommages indirects, résultant des dommages matériels, et devrait également permettre d'identifier a priori quelques profils d'évolution de situations de crise. L'estimation réalisée en mesurant l'impact économique, social, politique, médiatique, etc., des dysfonctionnements devrait en effet permettre d'anticiper l'évolution de situations apparemment bénignes ou graves, en prenant en compte les contextes sociaux, économiques, politiques ou médiatiques.

L'échelle proposée devrait donc permettre aux gestionnaires des risques (Etat, Collectivités) de mettre en place des moyens de prévention ou de protection mieux adaptés à la réalité des problèmes et à l'attente de la population.

7. Bibliographie

BARPI (1993). *Echelle de gravité des accidents industriels.* Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles, Ministère chargé de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Service de l'Environnement Industriel . Édition Binome..

BRGM (1996). *Effondrement de carrières souterraines à Chanaz (Savoie) au lieu-dit Lacour le 21 JUILLET 1996. Visites des 21,22 et 23 juillet 1996.* Rapport BRGM R39089.

F.E.M.A. (1999). *Earthquake Loss Estimation Methodology.* HAZUS99 Technical Manual. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.

GRÜNTHAL G. (1998). *European Macroseismic Scale (EMS98).* Conseil de l'Europe. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, volume 15.

GUILLANDE R. (2001). *Détermination d'une échelle d'intensité en 5 niveaux par types d'aléas.* Rapport soumis au MEDD. GSC, Dpt risques naturels, Paris. N° du marché : 0110043002377501

JOSIEN J.P. (1995). *Diagnostic et caractérisation des aléas.* Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur 51, Paris, pp. 95-111.

LEONE F. (1996). *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain.* Rapport de thèse. Université Joseph Fourrier Grenoble 1.

MATE. (1997). *Plans de prévention des risques naturels (PPR), Risques de mouvements de terrain. Guide méthodologique.* Ministère chargé de l'environnement, Ministère de l'équipement, des transports et du logement. La documentation française.

MALGORN B. (1998). *Bassins Miniers Nord-Lorrains.* Pôle Européen de Développement, mission d'étude et de propositions. Préfecture de la région Lorraine, Metz.

METEO-FRANCE (2001). *Guide et carte de vigilance.* http://www.meteo.fr/meteonet/vigilance/

MINEFI (2001). *Guide méthodologique pour l'arrêt des exploitations minières souterraines.* Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.

N.H.R.C. (1999). *Risk Fontiers Damage Scales* Macquarie University New South Wales 2109, Australia. http://www.es.mq.edu.au/NHRC/web/scales/scalesindes.htm.

THORIN M. (1992). *Massif de l'Hautil. Méthode d'évaluation du risque d'effondrement des carrières souterraines de gypse abandonnées.* Rapport de synthèse.

TRITSCH J-J. (2000). *Évaluation des aléas liés aux cavités souterraines. Synthèse du groupe de travail du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.* INERIS, Direction des Risques du Sol et du Sous-sol.

VINCENT M., MATHON C. (1999). *Caractérisation de l'aléa lié à la présence de carrières souterraines abandonnées en périphérie immédiate de la ville de Saint-Émilion (Gironde) – Secteur sud-ouest de la ville.* Rapport BRGM, R40635.

WATELET J.M. (1998). *Méthodologie d'analyse des dangers appliquée à l'exploitation des carrières souterraines.* Rapport final. INERIS SSE-99-21EP48/R01.