

Chapitre 5

Les risques naturels

Pierre Ozer

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	96
1. Concepts et définition : aléas, vulnérabilité et risque	102
1.1. L'aléa	102
1.2. Les éléments à risque	102
1.3. La vulnérabilité et la résilience	103
1.4. Le risque	105
2. Gestion des risques naturels en Wallonie	110
Conclusion	115
Bibliographie	115

Introduction

« Haïti, année zéro », titrait le journal *Le Monde* à la suite du tremblement de terre du 12 janvier 2010. Les dégâts sont très importants et le nombre de victimes impressionnant (230 000 morts, 300 000 blessés et 1,2 million de sans-abri), notamment dans la capitale Port-au-Prince, mégacité de 2,5 millions d'habitants dont 72 % de la population vit dans des bidonvilles miséreux surpeuplés. Dans un pays où les plus pauvres vont jusqu'à consommer des galettes d'argile pour tenter d'oublier la faim. Manger de la terre pour postposer la mise sous terre. Dans un pays où il est accepté qu'un enfant sur dix n'atteigne pas l'âge de cinq ans. Dans un pays où il est toléré que les femmes aient une chance sur vingt de perdre la vie en donnant la vie. Dans un pays où 55 % de la population vit avec moins d'un euro par jour. Dans un pays vulnérable qui, de surcroît, se trouve à l'intersection de plaques tectoniques et sur l'autoroute des cyclones tropicaux qui balayent les Caraïbes, cette portion d'île ignorée par la communauté internationale est à nouveau touchée par la « malédiction », naturelle cette fois.

Ce pays s'est littéralement pulvérisé sous l'effet des secousses sismiques, car il souffrait préalablement d'ostéoporose à un stade avancé.

Agonie lente aggravée par la carence de soins – même palliatifs – suivie d'une catastrophe subite et extraordinairement complexe, débouchant sur un chaos pathétiquement prévisible; telle est la séquence « écrite » et dupliquée pour nombre de pays dits « fragiles » selon le jargon des Nations unies.

« Année zéro », donc, puisque la tectonique a fait table rase du passé, à tout le moins du passé architectonique.

Soudainement, il n'aura fallu que quelques images nauséabondes saupoudrées d'une grosse dose d'émotion nécessaire à tout bon « story-telling » pour qu'Haïti retrouve une place sur le planisphère et que les citoyens du village mondial se mobilisent pour venir en aide à ce peuple meurtri. Les ONG, États et organismes en tous genres se ruent sur Port-au-Prince. Les GI américains hissent le drapeau de l'Oncle Sam sur le seul aéroport international du pays. Le tout dans une pagaille indescriptible. Ce syndrome d'hyperkinésie fulgurant et passager après une longue période de repli sur soi porte un nom en psychiatrie : la « catatonie ». Et le hasard fait que ce terme suit directement le substantif « catastrophe » dans le dictionnaire. C'était donc écrit, la catastrophe met en lumière cette caractéristique intrinsèque des États modernes : la société catatonique. Cette faculté, donc, de laisser une situation difficile bien identifiée se dégrader à l'extrême pour réagir uniquement en cas de stress ultime.

Et si Haïti est révélateur, d'autres exemples ne manquent pas, dont la famine quasi structurale dans divers pays d'Afrique ou encore la vulnérabilité des pays du Sud suite au réchauffement climatique.

Le problème principal réside dans le fait que lorsque la fracture ultime apparaît, il est le plus souvent impossible de revenir à une situation d'équilibre, car le long processus de dégradation a fait son œuvre. La surexcitation débridée se limite à faire face à des situations d'urgence de manière chirurgicale, momentanée et superficielle.

Sur base de cette évidence, il est intéressant de se demander pour combien de temps le compteur restera à « année zéro » en Haïti; ou si le réchauffement climatique ne nous mènera pas à l'époque pré-*Homo sapiens sapiens*. (Ozer et Perrin, 2010)

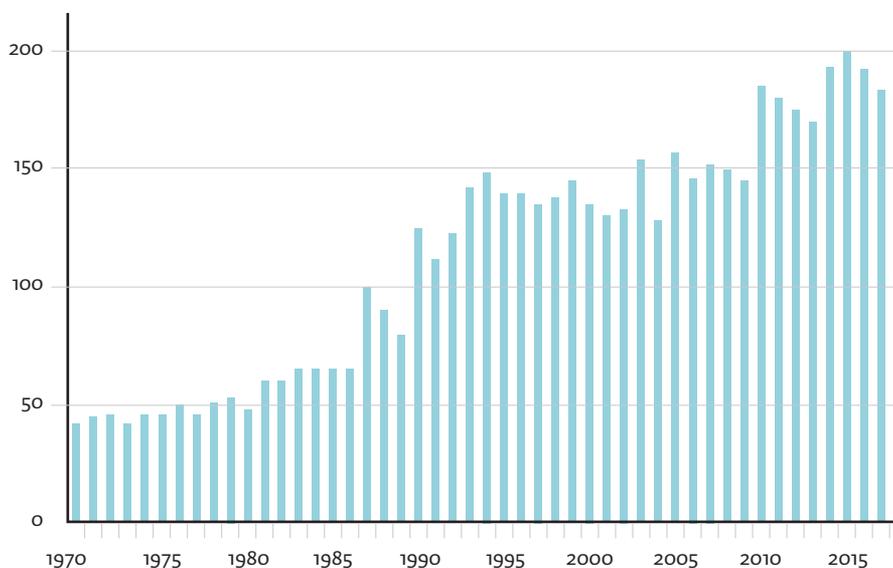
Dans cet article publié sous forme d'opinion dans *La Libre Belgique*, tout est dit. Un aléa important, ici un séisme, devient une catastrophe naturelle majeure car la vulnérabilité sociétale et technique se conjugue à une très faible capacité de réponse (ou résilience) sur les court, moyen et long termes face à une crise. Les pages qui suivent décortiquent comment un risque naturel se transforme en catastrophe et les différentes possibilités qui s'offrent à nos sociétés pour réduire tant l'aléa que la vulnérabilité.

L'intérêt porté aux risques naturels et aux catastrophes naturelles ne cesse de croître. Par catastrophes naturelles, on entend les sinistres provoqués par les forces de la nature. Ces catastrophes sont très diverses, tant par leur étendue géographique que par leur échelle de temps.

Chaque année, notre planète subit d'innombrables assauts : de l'ordre de 100 000 orages, 10 000 inondations, des milliers de séismes, d'incendies de forêts, de glissements de terrain, d'avalanches et de tornades, et des centaines d'éruptions volcaniques, de cyclones tropicaux, d'épisodes de sécheresse et d'invasions acridiennes. Seules les plus dramatiques de ces catastrophes font les gros titres de la presse internationale, mais nombreuses sont celles qui causent des pertes en vies humaines et des dégâts matériels.

La figure 1 présente l'évolution des événements naturels catastrophiques¹ de 1970 à 2017. Une augmentation continue est observée. D'une petite cinquantaine par an dans les années 1970, la fréquence de ces désastres naturels s'est fortement intensifiée décennie après décennie, pour atteindre une moyenne de l'ordre de 180 événements par an au cours des dix dernières années (2008-2017). Selon la société de réassurance Munich Re (2018), la fréquence des catastrophes géologiques (séismes, tsunamis, éruptions volcaniques, etc.) est restée stable ces dernières décennies. Dès lors, l'accroissement total des désastres naturels est causé par la multiplication des catastrophes climatologiques (comme les vagues de chaleur, par exemple), météorologiques (cyclones tropicaux, tempêtes, tornades, pluies extrêmes, etc.) et hydrologiques (inondations). Ceci pousse de nombreux scientifiques à lier la multiplication des catastrophes naturelles au changement climatique même si les questions de transitions démographiques (la population mondiale ne cesse d'augmenter, est de plus en plus urbaine, et tend à se concentrer le long des côtes) et de dégradations environnementales ont de lourdes conséquences sur l'exposition de nombreuses populations aux aléas naturels.

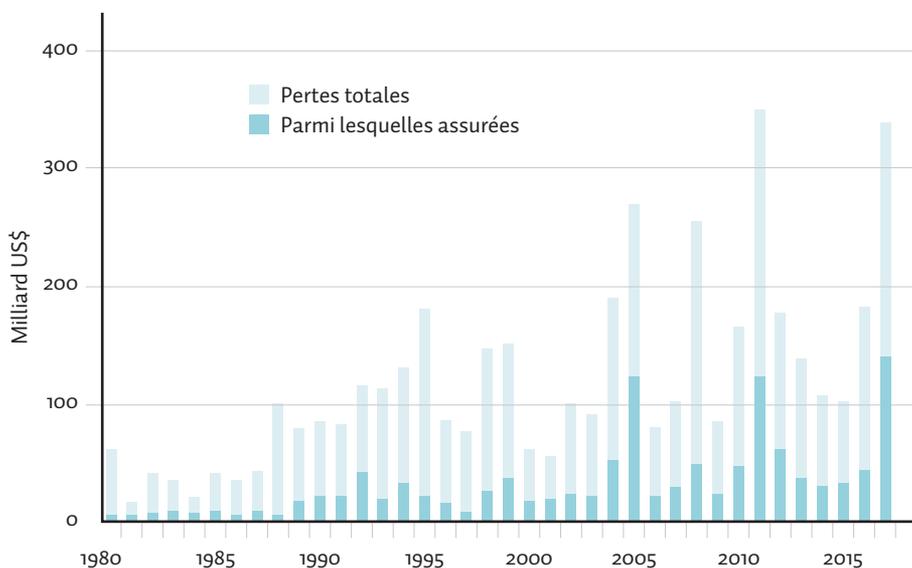
FIGURE 1. Évolution des événements catastrophiques naturels répertoriés dans le monde (1970-2017). Un événement est considéré comme une catastrophe s'il entraîne des dommages économiques (≥ 101 millions de US\$), des dommages assurés ($\geq 50,5$ millions de US\$) ou des dommages significatifs aux personnes (≥ 20 morts, ou ≥ 50 blessés, ou $\geq 2\ 000$ sans-abri) (Swiss Re, 2018).



¹ Un événement est considéré comme une catastrophe s'il entraîne des dommages économiques supérieurs à 100 millions de US\$, ou des dommages assurés supérieurs à 50 millions de US\$, ou des dommages significatifs aux personnes (≥ 20 morts, ou ≥ 50 blessés, ou $\geq 2\ 000$ sans-abri) (Swiss Re, 2018).

Selon Munich Re (2018), les catastrophes naturelles de ces 38 dernières années (1980-2017) ont provoqué des pertes économiques d'un montant proche de 4 500 milliards de US\$, soit près de 120 milliards de US\$ annuellement, et des pertes couvertes par les assurances de l'ordre de 1 150 milliards de US\$ ou 30 milliards de US\$ par an (figure 2). Par rapport aux années 1980, la charge des pertes économiques de ces dix dernières années (2008-2017) a été multipliée par quatre, passant de 46 à 190 milliards de US\$ par an. Les pertes couvertes par les assurances ont, pour leur part, été multipliées par huit, passant de 7 à 57 milliards de US\$ par an. Notons qu'entre 1950 et 1979, les pertes économiques annuelles ne dépassaient pas, en moyenne, les 10 milliards de US\$ et que la part couverte par les assurances était inférieure au milliard de US\$ par an (Ozer, 2012).

FIGURE 2. Évolution des pertes économiques totales et de la part assurée engendrées par les catastrophes naturelles répertoriées dans le monde (1980-2017) (d'après Munich Re, 2018)

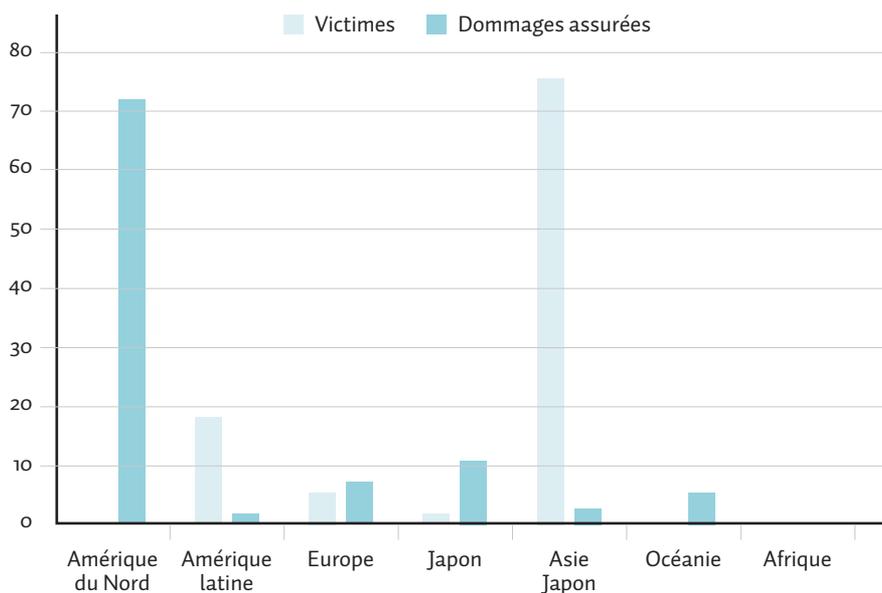


Durant la période 1970-2017, les seules 40 catastrophes naturelles les plus meurtrières ont coûté la vie à plus de deux millions de personnes, dont 94 % dans les pays en développement (Swiss Re, 2018). Par ailleurs, le Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (Wahlstrom et Guha-Sapir, 2015) estime que – entre 1995 et 2015 – les catastrophes naturelles ont affecté 4,1 milliards de personnes, blessées, devenues sans-abri, ou en besoin d'aide d'urgence. Il en résulte que tant les catastrophes naturelles que la dégradation croissante de l'environnement au niveau mondial sont des menaces sérieuses pour le développement. En effet, la part du PIB perdu est de l'ordre de vingt fois plus importante dans les pays en développement que dans les pays industrialisés.

Sur le plan économique, les interconnexions qui se développent rapidement ont exacerbé la transmission de la vulnérabilité aux catastrophes. Lors d'une catastrophe naturelle, on estime que le nombre de personnes affectées est de l'ordre de 6 000 fois supérieur à celui des personnes tuées (Wahlstrom et Guha-Sapir, 2015). Les pertes peuvent se propager sur les marchés financiers par des fuites de capitaux, des dépréciations de monnaies nationales, des dettes accrues, etc. Les pays en développement sont particulièrement sensibles aux caprices des flux de capitaux sur le plan international qui les rendent encore plus vulnérables aux effets bouleversants des catastrophes naturelles. La croissance économique d'un pays ou d'une région repose notamment sur l'investissement, sur une bonne gestion et sur la stabilité sociale et, malheureusement, les catastrophes naturelles provoquent exactement l'inverse. La perte de capital (naturel ou créé par l'homme) provoque subitement [i] un désinvestissement ; [ii] les activités de secours consécutives aux catastrophes accroissent la charge financière et administrative des gouvernements ; et [iii] les catastrophes sont déstabilisantes sur le plan social.

Le sort des habitants de notre planète est donc inégal devant les effets des catastrophes naturelles. La figure 3 montre, de 1970 à 2017, la répartition par continent des catastrophes naturelles figurant au Top 40 des catastrophes les plus meurtrières et les plus coûteuses pour le secteur des assurances (Swiss Re, 2018). Il appert sans équivoque que les pertes humaines les plus dramatiques et les pertes financières assurées les plus fortes ne se situent pas dans les mêmes régions.

FIGURE 3. Répartition, par région, des plus grandes catastrophes naturelles figurant dans le Top 40 en termes de victimes (morts) et de dommages assurés (1970-2017) (d'après Swiss Re, 2018)



Pour les pertes financières assurées, 62 % de ces plus grandes catastrophes naturelles se trouvent aux États-Unis et totalisent 72 % du volume global assuré. Des neuf désastres naturels ayant coûté plus de vingt milliards de US\$ au secteur des assurances, tous – à l'exception du séisme suivi du tsunami au Japon en 2011 – concernent l'Amérique du Nord, dont trois pour la seule année 2017 (ouragans Maria, Irma et Harvey pour un total de 92 milliards de US\$ de dommages assurés). La catastrophe la plus coûteuse de l'histoire des assurances reste l'ouragan Katrina qui, avec ses dégâts dus aux vents violents, aux inondations, aux ruptures de digues et aux dommages à des plates-formes pétrolières, présente des pertes assurées cumulées évaluées à plus de 82,4 milliards de US\$ (Swiss Re, 2018). Deux tiers des catastrophes ayant coûté plus de cinq milliards de US\$ au secteur des assurances sont liées aux phénomènes atmosphériques soudains et violents (cyclones, tempêtes et tornades).

Par contre, en ce qui concerne les catastrophes naturelles en termes de victimes, le classement obtenu est totalement différent. Des six plus graves catastrophes ayant occasionné plus de 100 000 victimes, cinq sont localisées en Asie ; continent qui, à lui seul, concentre 69 % de ces catastrophes meurtrières et 75 % des victimes. L'Amérique du Nord n'apparaît plus dans ce classement. Par contre, l'Europe est présente à trois reprises suite à la surmortalité due aux vagues de chaleur de 1976, 2003 et 2010. Les catastrophes les plus meurtrières (61 % des victimes) sont d'origine géologique (séismes, tsunamis, éruptions volcaniques). Il est à noter qu'une seule catastrophe naturelle est commune aux deux classements. Il s'agit du puissant séisme du 11 mars 2011 au Japon qui a déclenché un tsunami dévastateur et engendré plusieurs désastres technologiques dont le plus connu est évidemment l'accident nucléaire de la centrale de Fukushima Daiichi. Elle a en effet fait 18 451 victimes (# 20) et causé des pertes assurées supérieures à 38 milliards de US\$ (# 2) (Swiss Re, 2018). Notons aussi que les pertes totales engendrées par ce désastre ont été évaluées à 250 milliards de US\$ en 2015 et que cette somme ne peut qu'augmenter puisque, quatre ans après le tsunami, les autorités japonaises devaient toujours venir en aide à plus de 120 000 personnes déplacées des suites des retombées radioactives (Iwasaki *et al.*, 2017).

Ainsi, ce tour d'horizon global présente d'emblée que la vulnérabilité est maximale dans les pays les moins développés et donc les moins préparés aux stress naturels. À l'inverse, les pays développés sont les mieux protégés, tant en termes de mortalité qu'en termes de résilience post-catastrophe telle que suggérée ici par la couverture des assurances.

Suite à ce constat, les Nations unies ont lancé en 1990 un programme international de prévention des catastrophes naturelles (IDNDR) dans l'objectif de mieux connaître ces problématiques. De cet effort mondial, il appert que la meilleure connaissance des risques et catastrophes, le développement de la culture de la prévention, la mise en place de politiques adéquates et la diffusion rapide de l'information durant les périodes de crises pour la gestion et l'évaluation des catastrophes sont autant de points essentiels à développer dans les années à venir pour limiter les impacts humains et financiers de tels désastres.

1. Concepts et définition : aléas, vulnérabilité et risque

Le risque est une notion composite et conceptuelle. Il est le produit d'un « aléa » par la valeur des « éléments à risque » tels que la population, les bâtiments, les activités économiques, les ouvrages de génie civil, les infrastructures, etc., et par leur degré de « vulnérabilité ». C'est pourquoi il est d'abord nécessaire de définir ces termes avant de préciser la notion de risque.

1.1. L'aléa

L'aléa désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène, il est fonction de l'intensité du phénomène et de sa fréquence.

Par exemple, pour des précipitations pouvant provoquer des inondations brutales, des courbes « intensité-durée-fréquence » peuvent être dressées à partir des lois statistiques de Gumbell. Une fois ces courbes obtenues, il est possible de définir un aléa à partir d'un seuil donné. La limite majeure lors de la caractérisation de l'aléa réside dans la disponibilité des bases de données souvent trop brèves. D'autant plus que les données recherchées sont extrêmes et, donc, rares. Aussi est-il toujours nécessaire de mettre à jour les résultats d'analyses précédemment obtenus car la relation « précipitations extrêmes – fréquence des inondations » peut évoluer pour deux raisons : [i] la fréquence des précipitations extrêmes peut changer avec le temps, notamment dans un contexte de changement climatique, et [ii] l'aménagement du territoire peut être radicalement modifié dans le temps. Ainsi, les principales villes d'Afrique de l'Ouest sont inondées quasi annuellement depuis deux décennies. Plus souvent confrontées à la sécheresse qu'à l'excès de précipitations, les autorités estiment que ce nouveau risque est lié à des précipitations journalières exceptionnelles. Or l'analyse de la relation existant entre les inondations et les événements pluvieux montre cependant que les pluies responsables des inondations de ces dernières années ne revêtent pas un caractère exceptionnel (période de retour supérieure à 30 ans), ces pluies ayant une période de retour inférieure à 6 ans (considérées donc comme normales). Par contre, la vulnérabilité des villes ouest-africaines face au risque d'inondation a fortement augmenté suite à un aménagement urbain déficient : constructions dans des dépressions fermées ou dans les couloirs d'évacuation des eaux vers la mer, systèmes d'assainissement et d'évacuation des eaux inexistantes, colmatés par des bancs de sable ou des ordures, ou devenus sous-dimensionnés suite à la croissance très rapide des villes, etc., sont autant de facteurs explicatifs des inondations actuelles (Sene et Ozer, 2002 ; Ould Sidi Cheikh *et al.*, 2007 ; Ozer, 2014 ; Chokpon *et al.*, 2018). L'aléa n'explique donc pas tout.

1.2. Les éléments à risque

Les éléments à risque désignent les éléments soumis à l'impact d'un phénomène, lesquels pouvant être partiellement ou totalement endommagés. Les éléments à risque peuvent évidemment être décomposés plus ou moins précisément. Ainsi, au niveau des biens économiques, il est possible d'estimer les dommages pour l'agriculture, l'industrie, et les services, ou d'être encore plus précis en distinguant différentes filières d'élevage et types de cultures au sein même du secteur agricole.

Ces éléments peuvent être quantifiés en termes économiques et/ou physiques (population exposée). La valeur de ces « éléments à risque » est très importante car elle représente un paramètre discriminatoire permettant de distinguer les risques majeurs des autres risques, mais cette notion est très controversée et complexe. En effet, elle dépend du niveau de développement desdits éléments à risque. Ainsi, en février 2009, la région londonienne est paralysée par d'abondantes chutes de neige et les transports aériens, routiers et ferroviaires sont quasi impossibles. Le simple manque à gagner économique de cet arrêt forcé se chiffrera à près de cinq milliards de US\$ (www1). Plus proches de nous, les inondations – certes meurtrières (4 victimes) – survenues en Belgique les 13 et 14 novembre 2010 ont coûté plus de 150 millions d'euros (≈ 200 millions de US\$) au secteur des assurances (de Meulenaere, 2010). À l'inverse, les pertes assurées pour le séisme du 12 janvier 2010 en Haïti ne s'élèveront qu'à 112 millions de US\$; pourtant, la capitale Port-au-Prince a quasiment été rayée de la carte et le nombre de victimes est estimé à plus de 222 000 (Swiss Re, 2018)... Il en va de même lorsque l'on doit attribuer une valeur monétaire à la vie humaine. Lors du tsunami qui a ravagé les côtes de l'océan Indien le 26 décembre 2004, les compagnies de réassurance ont rapidement apaisé les inquiétudes de leurs investisseurs. Les coûts engendrés par la catastrophe devaient être de l'ordre de 100 millions de US\$, peu de choses au regard des 220 000 morts... C'était sans compter les 3 000 morts et autres blessés occidentaux qui avaient contracté des assurances vie, accident et de voyage. La note finale dudit tsunami pour les assureurs s'est donc élevée à 2,6 milliards de US\$. Cet exemple montre le clivage Nord-Sud de la valeur monétaire attribuée à la vie humaine : un touriste occidental étant assuré à hauteur de ≈ 1 800 Asiatiques (de Longueville et Ozer, 2005 ; Swiss Re, 2018).

1.3. La vulnérabilité et la résilience

La vulnérabilité, au sens large du terme, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène sur les éléments à risque. Cette palette des éléments à risque varie suivant la nature de l'aléa. Ainsi, lors d'une invasion acridienne, l'habitat n'est pas un élément à risque tandis que c'est un élément à risque primordial lors d'un séisme. Pour chaque élément à risque reconnu, une évaluation des dommages est établie en fonction des niveaux d'aléa.

Ceci dit, depuis quelques années, on ajoute à cette définition la résilience, à savoir la capacité de réponse des sociétés analysées face à des crises potentielles. Ceci traduit la fragilité d'un système dans son ensemble et, de manière indirecte, sa capacité à surmonter une crise provoquée par un aléa. Ainsi, plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, moins il est vulnérable. Si la ville de Kobe, au Japon, a connu un « rapide » retour à la normale après le grand séisme de 1995, il n'en va pas de même au Sri Lanka où, 24 mois après le tsunami, plus de 75 % des zones détruites à Batticaloa n'étaient toujours pas dans un processus de reconstruction (Birkmann et Fernando, 2008).

Il existe plusieurs mesures de la vulnérabilité : vies humaines, importance financière, impacts économiques, intérêts culturels, etc. Quelle que soit la vulnérabilité envisagée, il est clairement établi que, pour un même aléa, les conséquences d'une catastrophe varient selon les catégories de personnes atteintes et de leur perception de l'aléa.

Ainsi, les personnes aisées sont généralement moins touchées que les pauvres car elles vivent dans des sites moins dangereux, à l'écart des zones inondables et des zones industrielles, et dans des résidences souvent plus résistantes aux agressions extérieures. De plus, leur patrimoine peut être assuré et une partie de leur richesse est préservée hors du site touché et jouit d'une diversification des actifs. En revanche, les démunis vivent quotidiennement dans des sites plus vulnérables et concentrent toute leur maigre fortune dans leur maison, sur le lieu même qui est emporté par les cataclysmes. En général, la vulnérabilité est donc fonction du statut socio-économique des populations frappées par une catastrophe tant au niveau local (un quartier d'une ville, par exemple) que sur le plan international. C'est ce qui explique en partie l'écart considérable entre les pertes humaines comptabilisées dans les pays développés et celles qui sont relevées dans les pays en développement.

Résultat de l'avancée galopante de la précarité aux États-Unis, de plus en plus de personnes vivent dans des mobile-homes. Typiquement, ces ménages ont un faible niveau d'éducation (29 % ont fait des études supérieures), sont composés de personnes âgées vivant souvent seules et sont pauvres. Près d'un ménage sur cinq habitant ces mobile-homes vit avec moins de 10 000 US\$ par an. Dès lors, 60 % n'ont aucune assurance, alors que seulement 27 % des ménages ont une assurance contre les dégâts de tempêtes et 12 % contre les inondations. En outre, la majeure partie de ces habitations (95 %) ne répond pas aux normes « anti-tempêtes » en vigueur (Kusenbach et al., 2010). Face à une telle vulnérabilité, il en résulte une mortalité due aux tornades dix fois plus élevée dans les mobile-homes par rapport aux maisons conventionnelles (Sutter et Simmons, 2010).

D'autres critères influent sur la vulnérabilité, en particulier l'âge et le sexe. Les enfants et, en particulier, les personnes âgées sont clairement les catégories d'âge les plus vulnérables face à certaines catastrophes naturelles. Le caractère « prévisible » de certaines catastrophes permet le déclenchement d'une procédure d'évacuation. Dans ce cas, il a été démontré à La Nouvelle-Orléans que 31,6 % des personnes âgées de plus de 65 ans souffrent d'un handicap et que 16,6 % sont dépendantes d'équipements spécifiques (chaises roulantes, lits spéciaux, etc.) pour des raisons de santé. Aussi, nombre d'entre elles n'ont pas pu être évacuées et ont fortement contribué au décompte final des victimes de l'ouragan Katrina (McGuire et al., 2007). Par ailleurs, les canicules ne frappent pas indistinctement les populations exposées. Ainsi, en France, lors de la vague de chaleur des deux premières décades d'août 2003, la surmortalité totale a été de 83 % mais les diverses classes d'âge ont été inégalement affectées. Si l'élévation de la mortalité est restée insignifiante (+9 %) au-dessous de 45 ans, elle a été importante au-delà : +43 % dans la tranche d'âges 45-74 ans et +112 % pour les personnes de 75 ans et plus (Besancenot, 2005). Finalement, ce qui avait marqué le catastrophique tsunami en Asie du Sud-Est, c'est le nombre élevé d'enfants qui avaient perdu la vie. En effet, à Batticaloa, Sri Lanka, 38 % des morts et disparus avaient moins de dix ans. Ces derniers n'avaient pas la force de courir, de s'élever sur des points hauts ou de s'accrocher à des arbres (Birkmann et Fernando, 2008).

Une autre distinction oppose les hommes et les femmes. Généralement, les hommes sont moins vulnérables, entre autres car ils sont plus mobiles que les femmes responsables des enfants. À Galle, au Sri Lanka, il a été montré que 65 % des morts et disparus durant le tsunami de 2004 étaient des femmes. Les interviews post-catastrophe ont révélé que les femmes

avaient eu plus de difficultés que les hommes à se hisser sur le toit des habitations lors de l'arrivée de la vague meurtrière et que, par ailleurs, nombreuses d'entre elles ne savaient pas nager (au contraire des hommes). Des constats similaires ont été faits en Indonésie et en Inde (Birkmann et Fernando, 2008).

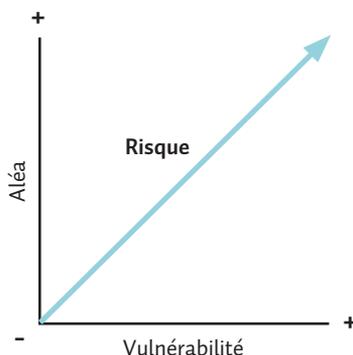
La perception de l'aléa (ou culture du risque) est également primordiale (Pennings et Grossman, 2008). Ainsi, le tsunami en Asie du Sud-Est fera 170 000 morts à Sumatra et seulement 44 sur l'île de Simeulue, pourtant touchée par une vague similaire. La « culture du risque » explique à elle seule cette différence. À la question « Comment vous êtes-vous rendu compte qu'un tsunami allait frapper les côtes ? », les habitants de l'île de Simeulue ont répondu (*a posteriori*) : « En constatant le retrait rapide du niveau de la mer » (37 %), « la secousse sismique » (18,5 %), « l'abaissement du niveau de la nappe dans les puits » (11,1 %) et « le comportement anormal des animaux » (7,4 %). Ainsi, près de trois personnes sur quatre ont pu anticiper l'arrivée du tsunami sur l'île. Au contraire, à Sumatra, seulement 6 % de la population avaient anticipé le risque. Quant à la réaction des populations, elle a été également particulièrement différente selon les deux zones étudiées. Ainsi, à la question « Quelle a été votre réaction pour éviter le tsunami ? », plus de 85 % des habitants de l'île de Simeulue répondent « Se réfugier dans la montagne », contre seulement 21 % des habitants de Sumatra. Ce sont les nombreuses migrations des dernières décennies (mouvement des populations de l'intérieur des terres vers les zones littorales) qui expliquent cette non-connaissance du risque à Sumatra (Gaillard *et al.*, 2008). Plus récemment, lors d'un tsunami qui a touché les côtes chiliennes le 27 février 2010, plus de 170 personnes ont perdu la vie. Pourtant, les populations les plus à risque de par leur position géographique, à savoir les pêcheurs, ne déplorent que 8 morts. Ici aussi, l'observation du retrait rapide du niveau de la mer et la secousse sismique ont été les éléments précurseurs majeurs perçus par les pêcheurs qui leur ont permis d'éviter la vague meurtrière (Marin *et al.*, 2010). Malheureusement, la perception de l'aléa diminue avec le temps. En effet, en Louisiane, si des mesures de réduction de la vulnérabilité (notamment via la construction de digues protectrices autour de La Nouvelle-Orléans) avaient été prises à la suite du passage de l'ouragan Betsy en 1965, force est de constater que ces ouvrages d'art ont progressivement été délaissés par les autorités. Malgré les déclarations « plus jamais cela », nous savons maintenant pourquoi l'ouragan Katrina a fait tant de dégâts et de victimes quarante ans plus tard (Colten et Sumpter, 2009).

1.4. Le risque

Le risque est le produit d'un « aléa » par la valeur des « éléments à risque » et par leur degré de « vulnérabilité » (incluant la résilience). À éléments à risque similaires, le risque peut être réduit au produit de l'aléa par la vulnérabilité (figure 4). Cette équation montre qu'un même risque peut correspondre à un aléa fort et une vulnérabilité faible, un aléa moyen et une vulnérabilité moyenne, ou un aléa faible et une vulnérabilité forte.

En effet, un séisme de magnitude 7.7 n'est qu'un risque mineur dans le désert de Gobi en l'absence d'éléments à risque. Par contre, dans des régions densément peuplées, un tremblement de terre de magnitude 7.2 à Kobé (Japon) fait 6 434 morts en 1995 et une secousse sismique de magnitude 7.0 à Port au Prince (Haïti) met 220 000 personnes sous terre en 2010. Cet exemple met en exergue le rôle de la vulnérabilité dans la réduction des risques car l'aléa sismique est

FIGURE 4. Représentation du risque en fonction de l'aléa et de la vulnérabilité

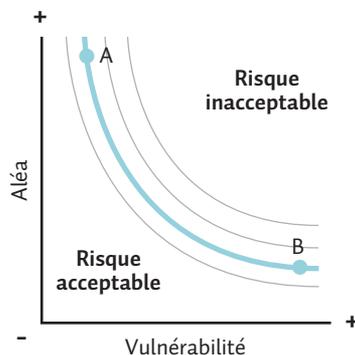


bien connu. L'analyse de la sismicité historique (réurrence des séismes), de la sismicité instrumentale et l'identification des failles actives, permettent de définir l'aléa sismique d'une région. Cependant, il est actuellement impossible de déterminer avec précision quand et où la terre va trembler. Certes, il est bien connu que la Californie ou Tokyo, par exemple, attendent le « big one », mais sera-ce demain, dans six mois ou dans dix ans ? Nul ne sait le dire. Dans ces conditions, il est donc préférable de diminuer la vulnérabilité des régions concernées. Ainsi, des pays comme le Japon ou les États-Unis se sont orientés vers une prévention active. Une telle stratégie s'appuie sur une politique d'éducation des populations, une bonne connaissance des effets des séismes sur les constructions et la mise en œuvre d'une réglementation pour des constructions parasismiques. Ceci passe par l'application des règles parasismiques pour les constructions neuves des particuliers. Par contre, les ouvrages d'art, comme les barrages, les établissements industriels et l'industrie nucléaire, sont soumis à des règles spécifiques de construction parasismique avec effet rétroactif. Capables de résister aux tremblements de terre, les constructions parasismiques permettent de réduire considérablement les dommages et les pertes humaines en cas de séisme. Plusieurs aspects interviennent dans la réalisation d'un projet de construction parasismique : la nature du sol, la qualité des matériaux, la conception générale associant une rigidité du bâti (résistance) et une élasticité suffisante (déformabilité), l'assemblage des différents éléments composant le bâtiment et la qualité de l'exécution des travaux. Le surcoût engendré par la construction de bâtiments parasismiques est bien moins élevé qu'on ne le suppose : généralement de l'ordre de 5 % du coût normal d'une construction « classique ».

En représentant l'aléa et la vulnérabilité en abscisse et en ordonnée, on peut donc obtenir des courbes d'isorisque (figure 5). Aux points A et B de ce schéma correspondent deux risques de même intensité mais fort différents. Le premier (A) est le résultat d'un aléa fort et d'une vulnérabilité faible alors que le second correspond à un aléa faible mais avec une vulnérabilité forte. Il y a évidemment différentes courbes isorisques. Cependant, une de ces courbes a un intérêt majeur car elle trace la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable. C'est à ce moment précis qu'intervient la notion de gestion des risques naturels. Le choix de cette courbe « limite » appartient aux décideurs politiques compétents en la matière et est souvent

le résultat d'un consensus entre ces décideurs, les scientifiques, les opérateurs techniques et les sociétés exposées, en tenant compte des facteurs socio-économiques propres à ces sociétés. Mais avant cela, il faudra faire percevoir le risque en décrivant les conséquences directes et indirectes d'un événement ciblé.

FIGURE 5. Représentation du risque acceptable et inacceptable à partir des courbes isorisques



Étant donné que tant l'aléa que la vulnérabilité sont des notions sans cesse changeantes, le risque n'est jamais définitif et son appréciation varie dans le temps. Ceci soulève la difficulté de la gestion de certains risques naturels sur le long terme. Prenons l'exemple des risques liés aux facteurs pluviométriques. Pour prévenir une région plus ou moins grande des risques de sécheresse et d'inondation, le décideur optera pour la construction d'un ou de plusieurs barrages dans le but d'assurer une gestion efficace des ressources hydriques (figure 6). Le dimensionnement des barrages sera réalisé en fonction de l'analyse des données pluviométriques historiques disponibles. Cependant, si certains facteurs ne sont pas pris en compte, cette gestion s'avérera bientôt inefficace. C'est en effet le cas si, par exemple, la zone doit connaître un déficit pluviométrique prononcé sur le long terme (figure 7). Ainsi, l'édification de ces barrages ne serait pas justifiée sur le long terme puisque la probabilité d'inondation devrait être fortement réduite et que les ouvrages d'art seraient probablement surdimensionnés. C'est ce qui se passe actuellement dans les pays méditerranéens où bon nombre de barrages sont remplis à moins d'un tiers de leurs capacités depuis plusieurs années consécutives. La question qui se pose est dès lors de savoir si cette situation n'est que momentanée ou si elle persistera, peut-être en s'accroissant, dans les décennies à venir. C'est ici qu'interviennent les scénarios climatiques possibles à venir qui sont régulièrement synthétisés à l'échelle globale par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) et qui annoncent un probable déficit pluviométrique structurel en Méditerranée supérieur à 25 % durant le XXI^e siècle à cause du réchauffement climatique (Giec, 2007).

FIGURE 6. Exemple de gestion d'un risque naturel lié aux aléas pluviométriques

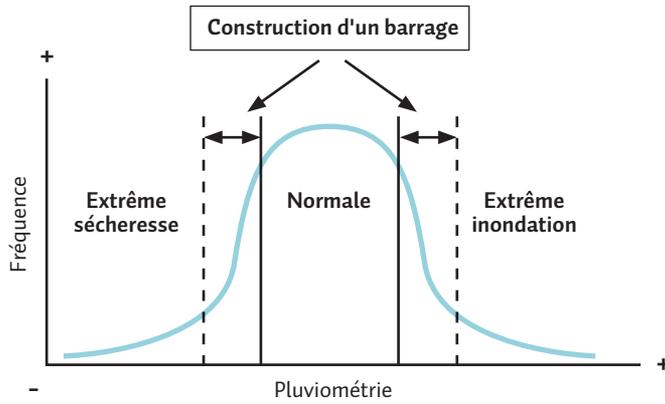
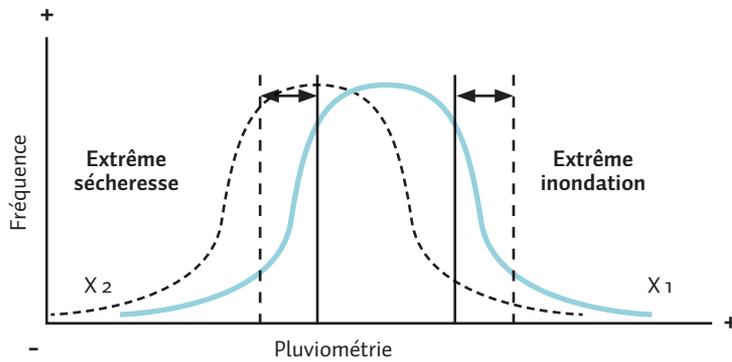


FIGURE 7. Exemple de gestion inefficace d'un risque naturel lié aux aléas pluviométriques dans le cadre d'un changement climatique (X_2) non pris en considération



Toujours en relation avec l'évaluation climatique à venir, la poursuite des émissions de gaz à effet de serre au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXI^e siècle. Il est très probable (probabilité de 90 % à 95 %) que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XX^e siècle. En effet, un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions (Giec, 2007).

Parmi les changements anticipés à l'échelle régionale, les scénarios indiquent une contraction de la couverture neigeuse, une augmentation d'épaisseur de la couche de dégel dans la plupart des régions à pergélisol (sol dont la température reste égale ou inférieure à 0 °C toute l'année) et une diminution de l'étendue des glaces de mer. Selon certaines projections, les eaux de l'Arctique seraient pratiquement libres de glace à la fin de l'été d'ici la seconde moitié du XXI^e siècle.

Par ailleurs, une hausse de la fréquence des températures extrêmement élevées, des vagues de chaleur et des épisodes de précipitations extrêmes est très probable (probabilité de 90 % à 95 %). Avec ce même niveau de probabilité, une augmentation des précipitations aux latitudes élevées et, au contraire, une diminution sur la plupart des terres émergées subtropicales, conformément aux tendances relevées à la fin du XX^e siècle, devrait se produire. Les zones tropicales devraient connaître une augmentation probable (probabilité de 66 % à 90 %) de l'intensité des cyclones alors que, sous nos latitudes, un déplacement vers les pôles de la trajectoire des tempêtes extratropicales devrait être observé. Notons également que l'on estime avec un degré de confiance élevé que, d'ici le milieu du siècle, le débit annuel moyen des cours d'eau et la disponibilité des ressources en eau augmenteront aux hautes latitudes et dans certaines régions tropicales humides, alors qu'elles diminueront dans certaines régions sèches des latitudes moyennes et des tropiques. Bon nombre de zones semi-arides souffriront d'une baisse des ressources en eau imputable aux changements climatiques, ce qui accentuera les processus de désertification.

Avec un degré de confiance élevé (au moins 9 chances sur 10 de tomber juste), il apparaît que les effets du réchauffement climatique ne vont pas seulement se limiter à la seule augmentation des aléas naturels d'origine climatique mais vont avoir des incidences planétaires sur les ressources en eau, sur la survie de certains écosystèmes (par exemple, la contraction des zones humides et l'extension des zones arides), sur la production alimentaire (surtout pour les petits producteurs pratiquant une agriculture de subsistance ; ainsi, dans certains pays africains, les rendements de l'agriculture pluviale pourraient lourdement chuter dans les prochaines décennies avec un accès à la nourriture fortement diminué dans de nombreux pays impliquant de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de malnutrition), sur les régions littorales (notamment dans les zones deltaïques densément peuplées à faible énergie de relief) et dans le domaine de la santé publique. Ces incidences négatives vont aller crescendo avec l'augmentation des températures globales (Giec, 2007).

On le voit, le risque climatique devrait s'amplifier dans les décennies à venir de par la conjonction de l'aléa climatique et de la vulnérabilité croissante de nos sociétés, notamment au travers de la difficulté de pouvoir s'adapter aux rapides stress environnementaux.

2. Gestion des risques naturels en Wallonie

La Wallonie est, en comparaison avec d'autres régions du monde, relativement épargnée par les aléas naturels. Ceci étant dit, les risques sont bien présents. Le risque de tempêtes d'hiver est un exemple bien connu. Le coût des dommages assurés des tempêtes Daria, Herta, Vivian et Wiebke qui ont balayé l'Europe en 1990 a été supérieur à 500 millions d'euros en Belgique et la probabilité de survenance de sinistres « tempêtes » majeurs dont le coût serait supérieur à un milliard d'euros a été estimé, sur base de données historiques, à 40-60 ans (période de retour) (Munich Re, 2002). Ceci étant dit, dans le contexte de réchauffement climatique, le secteur des assurances estime que les dommages annuels moyens en Belgique dus aux tempêtes devraient augmenter de près de 80 % pour la période 1975-2085 (Heck et al., 2006).

Quoique considérée comme modérée par les spécialistes, l'activité sismique en Wallonie peut être destructrice. Lors du tremblement de terre à Liège en 1983, plus de 16 000 maisons ont été affectées et 700 familles ont dû être relogées. Dans les deux communes les plus touchées, Liège et Saint-Nicolas, 129 immeubles ont été déclarés inhabitables et 37 maisons ont dû être démolies. L'importance des dégâts constatés à l'occasion de ce séisme de magnitude aussi faible ($M_S = 4.7$) reflète l'extrême vulnérabilité des constructions vétustes en briques typiques de nos anciennes régions industrielles. Or, la période de retour d'un tremblement de terre d'une magnitude ≥ 5.0 est de 30 à 50 ans. Des mesures de constructions parasismiques s'imposent donc en Wallonie, surtout dans les provinces de Liège et du Hainaut. Pour ce faire, l'application de l'Eurocode 8, norme européenne pour la conception de constructions résistant aux séismes est entrée en vigueur dans tous les États de l'Union européenne dès janvier 2011 (Cartier et Vallette, 2016).

Par ailleurs, depuis 1967, plus de 60 % des communes wallonnes ont subi au moins quatre inondations entraînant des dégâts aux habitations suite à des pluies abondantes de longue durée ou de forte intensité. Les récentes inondations des 13 et 14 novembre 2010 nous le prouvent encore. Entre 1967 et 2008, la Wallonie a été touchée par sept événements majeurs reconnus comme calamité publique au Moniteur belge et couvrant plus du tiers de son territoire (Michel et Van Dijck, 2010).

Le relief plissé de la Wallonie et son réseau hydrographique dense ont façonné nombre de versants à forte pente qui peuvent présenter un risque d'éboulement de paroi rocheuse (figure 8). De même, le creusement de tranchées destinées au passage de voies de communication routière ou ferroviaire a encore augmenté ce nombre. Lorsque la pente d'un versant est supérieure à 35° , les blocs et cailloux peuvent se déplacer par la seule action de la gravité : en chute libre pour des pentes subverticales ou par saltation sur des pentes proches de 35° . De même, différents facteurs comme le pendage, la nature et la fissuration des roches ou l'action végétale dans les fissures peuvent accentuer ce processus. Divers cas enregistrés ces dernières années démontrent le risque que provoque cet aléa sur les entreprises humaines : interruption de lignes de chemin de fer ou routes pendant plusieurs jours, habitations vidées préventivement ou suite à un éboulement, etc. (Schyns et al., 2008).

En outre, plus de 30 % du territoire de la Wallonie présente un substrat calcaire sensible, par essence, à l'écoulement souterrain des eaux au travers de la fracturation, à la dissolution de

la roche et à l'apparition de phénomènes typiques, dits karstiques. Ces risques karstiques ne sont pas sans influence sur les entreprises humaines (figure 9). Ainsi, il est possible d'observer localement un tassement progressif du sol suite à l'entraînement des parties fines par l'eau, l'effondrement de plafonds de grotte, l'assèchement de lits de ruisseau par l'absorption du cours, des inondations liées à l'obstruction de points d'enfouissement des eaux, la pollution de sources karstiques, etc. (Ek *et al.*, 2006).

Finalement, notons que deux grandes régions sont victimes de la réactivation d'anciens grands glissements de terrain : la région des Collines et le Pays de Herve. À ceci, il faut ajouter l'instabilité des versants des terrils (Schroeder *et al.*, 2006).

Or il est possible d'anticiper certains risques naturels au travers de l'aménagement du territoire. Ainsi, la maîtrise de l'urbanisation permet de lutter efficacement contre les risques d'inondations, d'éboulements de parois rocheuses, karstiques et de glissements de terrain.

Par ailleurs, le Plan PLUIES (Plan de lutte contre les inondations et leurs effets sur les sinistrés) adopté par le Gouvernement wallon en avril 2003 comporte cinq objectifs majeurs :

- L'amélioration des connaissances relatives au risque d'inondations.
- La diminution et le ralentissement du ruissellement des eaux dans les bassins versants.
- L'aménagement des lits des rivières et des plaines alluviales.
- La diminution de la vulnérabilité à l'inondation dans les zones inondables.
- L'amélioration de la gestion de crise en cas d'inondation.

Pour remplir une part de ces objectifs, la cartographie des zones d'inondations sur base d'analyse de données, de modèles hydrauliques et d'enquêtes de terrain constitue une avancée essentielle. Deux cartes ont ainsi été produites : l'une relative à l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau, la seconde reprend le risque de dommages dus aux inondations.

La première se base sur deux notions que sont la récurrence et la submersion d'une inondation. Cette carte de l'aléa d'inondation représente donc des zones où il existe un risque d'inondation, même aux endroits où aucune inondation n'est historiquement connue. Inversement, l'absence d'une zone d'aléa sur la carte ne peut garantir qu'une inondation ne s'y produira jamais. Cette carte ne concerne pas les inondations trouvant leur origine dans du ruissellement, du refoulement d'égouts, de la remontée de nappe phréatique ou de phénomènes apparentés. Il n'est ici question que des problèmes d'inondations trouvant leur origine dans le débordement de cours d'eau. La présente cartographie de l'aléa exclut toute hypothèse d'inondation catastrophique, liée à un événement accidentel tel qu'une rupture de barrage ou de digue, une panne de système de pompage, et tout autre incident similaire. Seul le débordement « naturel » des cours d'eau est pris en compte dans la délimitation des zones d'aléa d'inondation. Les seuils utilisés pour la récurrence sont les périodes de retour d'une inondation inférieure à 25 ans (élevée), entre 25 et 50 ans (moyenne) et entre 50 et 100 ans (faible). Quant à la hauteur de submersion, trois seuils sont également établis : inférieure à 30 cm (faible), comprise en 30 et 130 cm (moyenne) et supérieure à 130 cm (élevée).

La combinaison des niveaux de récurrence et de submersion représente ainsi l'aléa d'inondation. Celui-ci sera jugé élevé si la récurrence est élevée et si la hauteur de submersion est

moyenne ou élevée. À l'inverse, il sera faible si la période de retour est faible et la hauteur de submersion est moyenne ou faible. Pour les autres combinaisons, l'aléa sera jugé moyen. Gardons à l'esprit que ces cartes délimitant l'aléa d'inondation reposent sur les données historiques et ne tiennent pas compte des effets éventuels dus au changement climatique.

Quant à la carte du risque de dommages dus aux inondations, elle résulte de la combinaison entre l'aléa inondation et les éléments à risque. Les cartes² qui ont été adoptées par le Gouvernement wallon en 2009 ne reprennent que les périmètres de risque élevé de dommages. Si elles ne constituent pas des documents à utiliser dans le cadre de la gestion des demandes de permis de lotir ou d'urbanisme, elles apportent toutefois une information complémentaire aux responsables de la sécurité et des services de secours lors de l'élaboration des plans d'urgence. Bourgmestres, gouverneurs de province et compagnies d'assurances sont dès lors les principaux destinataires de ces cartes.

Un travail de cartographie similaire a été effectué sur le territoire de la Wallonie pour les éboulements de parois, les phénomènes karstiques et les glissements de terrain (figures 8 et 9). Depuis fin novembre 2010, ces cartes d'aléas ou de risques où sont délimités les périmètres de contraintes (fort, modéré, faible) sont par ailleurs disponibles sur le web³.

Finalement, en lien avec le réchauffement climatique, il apparaît que les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes. Durant la canicule du 3 au 17 août 2003, la surmortalité en Wallonie a été évaluée à 27,7 % chez les personnes de plus de 65 ans (Sartor, 2004).

² Consultables sur le site <http://geoportail.wallonie.be/home.html>.

³ Les cartes sont disponibles via le site web <http://carto1.wallonie.be/soussol/viewer.htm>.

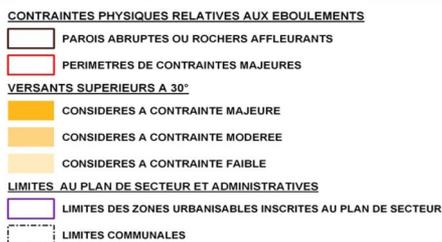
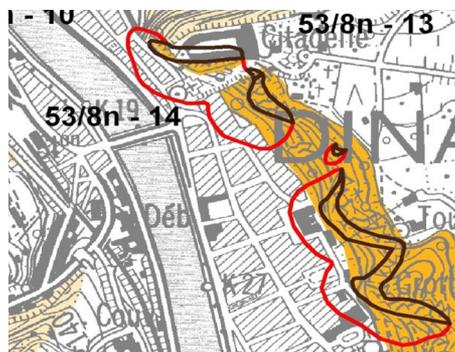
FIGURE 8 : Risque d'éboulement de parois rocheuses et cartographie (Ozer et Salmon, 2008a).



Déraillement d'une locomotrice suite à l'éboulement d'une paroi à Roanne-Coo (Commune de Stoumont).



Habitation à flanc de paroi sur la Commune de Comblain-au-Pont.



Extrait de la carte des parois rocheuses de Dinant.

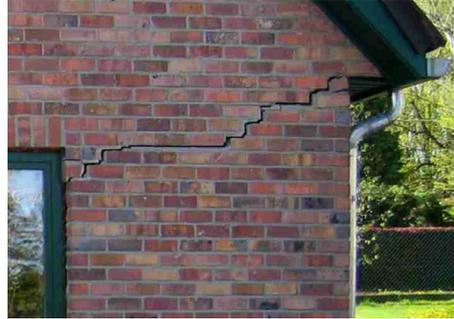


Route barrée suite à l'éboulement d'une paroi à Lustin (Commune de Profondeville).

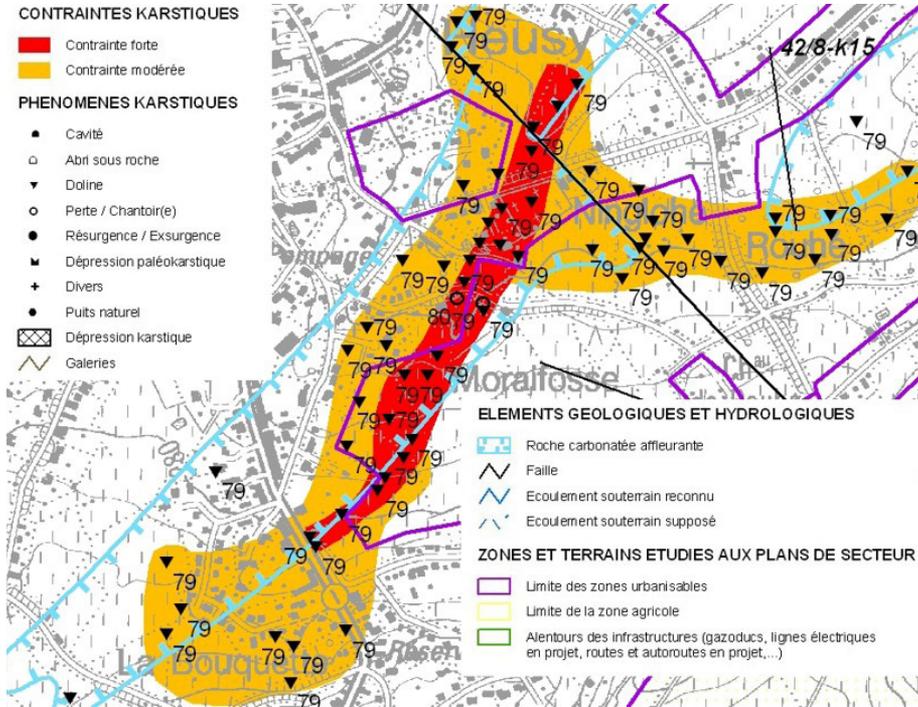
FIGURE 9 : Risque karstique et cartographie (Ozer et Salmon, 2008b)



Doline d'effondrement à Amostrenne (Commune d'Esneux).



Fissures dans une maison suite à un effondrement karstique dans le village de Xhoris (Commune de Ferrières).



Extrait de la carte des contraintes karstiques au lieu-dit Heusy (Commune de Verviers).

Conclusion

À aléa équivalent, un clivage Nord-Sud abyssal existe tant sur le plan des pertes en vies humaines que sur le plan des pertes financières. Les pays en développement sont beaucoup plus sensibles aux catastrophes, essentiellement car les moyens ne sont pas mis en œuvre pour diminuer la vulnérabilité des populations et des infrastructures face à certains risques naturels.

Or la connaissance des risques et des catastrophes est primordiale dans nos sociétés. Le plus souvent, la réduction des risques naturels ne peut se faire que moyennant la réduction de la vulnérabilité au travers des mesures d'anticipation, le développement de la culture de la prévention et le renforcement de la perception, la mise en place de politiques adéquates (notamment via l'aménagement du territoire, comme en Wallonie) et la diffusion rapide de l'information durant les périodes de crises pour la gestion et l'évaluation des catastrophes.

Différentes politiques doivent être rendues effectives dès à présent pour prévenir les risques à venir dérivant du réchauffement climatique, de la dégradation environnementale ou encore de l'élévation du niveau de la mer. En effet, ces nouvelles contraintes se traduiront par une augmentation de certains aléas, voire leur apparition. Lorsque l'on sait d'une part que la période 2000-2008 a connu un accroissement de 50 % des jours de forte chaleur par rapport à la période 1968-2000 en Belgique (Commission Nationale Climat, 2009), mais aussi que – entre 1833 et 2016 – 19 des 20 années les plus chaudes sont postérieures à 1988, tandis que les 20 années les plus froides ont toutes été enregistrées avant 1896⁴, et que les modèles climatiques prévoient que cela ne devrait être qu'un début, on comprend l'importance de l'anticipation.

Bibliographie

- ✓ BESANCENOT, J.-P. (2005). « Climat et santé : à propos de la vague de chaleur de l'été 2003 en France », in D. LAMARRE (dir.), *Les risques climatiques* (pp. 115-126). Paris, Belin.
- ✓ BIRKMANN, J. & FERNANDO, N. (2008). « Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka ». *Disasters*, n° 32, pp. 82-105.
- ✓ CARTIER, S. & VALLETTE, C. (2016). « Parasismique, oser éprouver l'acceptabilité sociale ». [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 16, n° 1.
- ✓ CHOKPON, A. E., DE LONGUEVILLE, F., & OZER, P. (2018). « Risque d'inondation périphérie du Lac Nokoué (Cotonou, Bénin) : effet du changement climatique ou problème d'aménagement du territoire ? ». *Geo-Eco-Trop*, n° 42, in press.
- ✓ COLTEN, C. E. & SUMPTER, A. R. (2009). « Social memory and resilience in New Orleans ». *Natural Hazards*, n° 48, pp. 355-364.
- ✓ COMMISSION NATIONALE CLIMAT (2009). *Cinquième communication nationale de la Belgique à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*. Service Public Fédéral Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, 206 p.

⁴ www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/en-belgique/observations-en-belgique.

- ✓ DE LONGUEVILLE, F. & OZER, P. (2005). « Tsunami en Asie du Sud-Est : analyse de son importance dans la presse écrite, des coûts assurés et du nombre de victimes à Sumatra ». *Bulletin de la Société géographique de Liège*, n° 46, pp. 63-70.
- ✓ DE MEULENAERE, M. (2010). « Inondations : 2 400 évacués ». *Le Soir*, 18 novembre, p. 7.
- ✓ EK, C., SCHYNS, J.-C., & OZER, A. (2006). « Le karst ». In Cellule Aménagement-Environnement de la DGATLP, *Les risques majeurs en Région wallonne : prévenir en aménageant* (pp. 154-176). Namur, Ministre de la Région wallonne, coll. « Études et Documents, Aménagement et Urbanisme, 7 ».
- ✓ GAILLARD, J. C., CLAVE, E., VIBERT, O., DEDI, A. N DENAIN, J. C., EFENDI, Y., GRANCHER, D., LIAMZON, C. C., SARI, D. R., SETIAWAN, R. (2008). « Ethnic groups' response to the 26 December 2004 earthquake and tsunami in Aceh, Indonesia ». *Natural Hazards*, n° 47, pp. 17-38.
- ✓ GIEC (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible sur www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf.
- ✓ HECK, P., BRESCH, D., & TROBER, S. (2006). « Conséquences du changement climatique : davantage de dommages dus aux tempêtes en Europe ». *Focus Report*. Swiss Re, Zurich. 4 p.
- ✓ IWASAKI, K., SAWADA, Y., & ALDRICH, D. P. (2017). « Social capital as a shield against anxiety among displaced residents from Fukushima ». *Natural Hazards*, n° 89, pp. 405-421.
- ✓ KUSENBACH, M., SIMMS, J. L., & TOBIN, G. A. (2010). « Disaster vulnerability and evacuation readiness: coastal mobile home residents in Florida ». *Natural Hazards*, n° 52, pp. 79-95.
- ✓ MARIN, S., GELCICH, S., ARAYA, G., OLEA, G., ESPINDOLA, M., & CASTILLA, J. C. (2010). « The 2010 tsunami in Chile: Devastation and survival of coastal small-scale fishing communities ». *Marine Policy*, doi:10.1016/j.marpol.2010.06.010.
- ✓ MCGUIRE, L. C., FORD, E. S., & OKORO, C. A. (2007). « Natural disasters and older US adults with disabilities: implications for evacuation ». *Disasters*, n° 31, pp. 49-56.
- ✓ MICHEL, R. (2006). « La prise en compte des risques majeurs: une composante essentielle de l'aménagement du territoire en Région wallonne », in Cellule Aménagement-Environnement de la DGATLP, *Les risques majeurs en Région wallonne : prévenir en aménageant* (pp. 8-11). Namur, Ministre de la Région wallonne, coll. « Études et Documents, Aménagement et Urbanisme, 7 ».
- ✓ MICHEL, R. & VAN DIJCK, F. (2010). « Les risques naturels en Région wallonne ». *Bulletin de la Société géographique de Liège*, n° 54, pp. 157-176.
- ✓ MUNICH RE (2002). « Tempêtes d'hiver en Europe (II) : Analyse des sinistres 1999 – Potentiels de sinistres ». *Munich Re*, 74 p.
- ✓ MUNICH RE (2018). « Natural catastrophes 2017: Analyses, assessments, positions ». *Topics Geo*, Munich, 70 p.
- ✓ OULD SIDI CHEIKH, M. A., OZER, P., & OZER, A. (2007). « Risques d'inondation dans la ville de Nouakchott (Mauritanie) ». *Geo-Eco-Trop*, n° 31, pp. 19-42.
- ✓ OZER, P. (2012). « Les risques naturels », in S. BRUNET, C. FALLON, P. OZER, N. SCHIFFINO, A. THIRY (dir.). *Articuler risques, planification d'urgence et gestion de crise* (pp. 77-99). Bruxelles, De Boeck.
- ✓ OZER, P. (2014). « Catastrophes naturelles et aménagement du territoire : de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement ». *Geo-Eco-Trop*, n° 38, pp. 209-220.

- ✓ OZER, A. & SALMON, M. (2008a). « La cartographie des parois rocheuses au service de l'aménagement du territoire », in P. OZER (dir.). *Vade-mecum des bonnes pratiques environnementales* (pp. 25-26). Liège, Université de Liège.
- ✓ OZER, A. & SALMON, M. (2008b). « La cartographie du karst au service de l'aménagement du territoire », in P. OZER (dir.). *Vade-mecum des bonnes pratiques environnementales* (pp. 27-28). Liège, Université de Liège.
- ✓ OZER, P. & PERRIN, D. (2010). « 2010, Année zéro ? ». *La Libre Belgique*, 14 mai, p. 53.
- ✓ PENNING, J. M. E. & GROSSMAN, D. B. (2008). « Responding to crises and disasters: the role of risk attitudes and risk perceptions ». *Disasters*, n° 32, pp. 434-448.
- ✓ SARTOR, F. (2004). *La surmortalité en Belgique au cours de l'été 2003*. Institut scientifique de la santé publique, Section d'épidémiologie. IPH/EPI Reports No. 2004-009.
- ✓ SCHROEDER, C., SCHYNS, J.-C., & OZER, A. (2006). « Les glissements de terrain en Wallonie », in Cellule Aménagement-Environnement de la DGATLP, *Les risques majeurs en Région wallonne : prévenir en aménageant* (pp. 196-209). Namur, Ministre de la Région wallonne, coll. « Études et Documents, Aménagement et Urbanisme, 7 ».
- ✓ SCHYNS, J.-C., SALMON, M., JUVIGNE, E., & OZER, A. (2008). « Cartographie numérique des zones à risques d'éboulement de parois rocheuses en relation avec les zones urbanisables et les voies de communication », in Cellule Aménagement-Environnement de la DGATLP, *Les risques majeurs en Région wallonne : prévenir en aménageant* (pp. 34-75). Namur, Ministre de la Région wallonne, coll. « Études et Documents, Aménagement et Urbanisme, 8 ».
- ✓ SENE, S. & OZER, P. (2002). « Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal ». *Bulletin de la Société géographique de Liège*, n° 42, pp. 27-33.
- ✓ SUTTER, D. & SIMMONS, K. M. (2010). « Tornado fatalities and mobile homes in the United States ». *Natural Hazards*, n° 53, pp. 125-137.
- ✓ SWISS RE (2018). *Catastrophes naturelles et techniques en 2017 : une année de pertes record*. Sigma No. 1/2018. Zurich, 60 p.
- ✓ WAHLSTROM, M. & GUHA-SAPIR, D. (2015). *The human cost of weather-related disasters 1995-2015*. UNISDR, Geneva, 30 p.
- ✓ www1. « Businesses counting cost of snow ». Disponible sur <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/7864804.stm>.

