



**HAL**  
open science

# La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles

Freddy Vinet, Frédéric Leone

► **To cite this version:**

Freddy Vinet, Frédéric Leone (Dir.). La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles : analyses géographiques. Presses universitaires de la Méditerranée, 146 p., 2006, 978-2-84269-914-7. hal-03050908

**HAL Id: hal-03050908**

**<https://hal.science/hal-03050908>**

Submitted on 23 Aug 2021

**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.





# La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles

*Analyses géographiques*

## Collection « Géorisques »

Directeurs de collection  
Frédéric Leone, Freddy Vinet

Comité scientifique  
Albert Colas, Frédéric Leone, Nancy Meschinet de Richemont, Tony Rey, Freddy Vinet

La collection «Géorisques» est une publication annuelle consacrée à la géographie des risques naturels. Les numéros thématiques privilégient les approches méthodologiques, ce qui n'exclue pas de publier des numéros consacrés à des terrains spécifiques : littoraux, montagneux ou îliens.

Les ouvrages de la collection regroupent des articles sélectionnés suite aux rencontres «Géorisques» organisées dans le cadre du master Gestion des catastrophes et des risques naturels (G.C.R.N.) de l'université Paul-Valéry, Montpellier III. La publication bénéficie également du soutien de l'U.M.R. «Gouvernance, risque, environnement, développement» (GRED).

L'objectif de la collection est de confronter les approches des chercheurs et des praticiens sur des problématiques récentes.

La vulnérabilité des sociétés et des territoires  
face aux menaces naturelles

*Analyses géographiques*

Sous la direction de  
Frédéric Leone et Freddy Vinet

Collection « Géorisques » n°1

PRESSES UNIVERSITAIRES DE LA MÉDITERRANÉE

*Tous droits réservés PULM, 2011.*

ISSN 1956-4252

Première édition : 4<sup>e</sup> trimestre 2006

Nouvelle édition : ISBN 978-2-84269-914-7

# Sommaire

<b>Partie 1</b>	<b>Approches générales</b>	<b>7</b>
1	<i>La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels</i> Frédéric LEONE et Freddy VINET	9
2	<i>L'efficacité des politiques gérant les risques dits naturels en France : lecture géographique</i> Patrick PIGEON	27
3	<i>La vulnérabilité : un concept problématique</i> Magali REGHEZZA	35
<b>Partie 2</b>	<b>Retours d'expérience</b>	<b>41</b>
4	<i>La culture comme enjeu majeur de la gestion des catastrophes liées à des phénomènes naturels au sein des sociétés traditionnelles</i> Jean-Christophe GAILLARD	43
5	<i>La cartographie et le zonage du risque volcanique au Japon : impasse ou modèle à suivre ?</i> Marie AUGENDRE	55
6	<i>Reconnaissance des effets des séismes sur le bâti ancien et lecture archéologique des bâtis : le cas du séisme de 1708 à Manosque</i> Georgia POURSOU LIS	63
<b>Partie 3</b>	<b>Diagnostics</b>	<b>73</b>
7	<i>Réalisation de 13 diagnostics de vulnérabilité d'entreprises de la Nièvre exposées au risque d'inondation de la Loire et de ses affluents</i> Emmanuelle BERTHELIER, Arielle MASSON et Antoine BILLAUDET	75
8	<i>Enquête post-crise et SIG pour une gestion de la vulnérabilité dans les zones inondées : application à l'échelle communale (Ivry-la-Bataille, Eure)</i> Éric MASSON	81

9	<i>Conception, réalisation et expérimentations d'un outil d'autodiagnostic des vulnérabilités des PME-PMI aux inondations</i>	
	Paul MENGUAL et Franck GUARNIERI .....	89
10	<i>De toile et de tôle : vulnérabilité et protection des campings de montagne face aux inondations</i>	
	Anne PELTIER .....	97
<b>Partie 4 Scénarios et outils d'évaluation .....</b>		<b>105</b>
11	<i>Une méthodologie pour l'évaluation économique des risques et de l'efficacité des parades : EVARISK</i>	
	Jean Pierre ASTÉ .....	107
<b>Partie 5 Prise en compte et réduction de la vulnérabilité .....</b>		<b>117</b>
12	<i>Réduire la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable</i>	
	Jean-Luc SALAGNAC et Bruno BESSIS .....	119
13	<i>Réflexion pour une réduction de la vulnérabilité face aux inondations L'exemple des basses plaines de l'Aude</i>	
	Stéphanie DEFOSSEZ .....	125
14	<i>La réduction de la vulnérabilité de l'existant face aux menaces naturelles. Nécessaires synergies entre systèmes d'indemnisations et stratégies de mitigation</i>	
	Roland NUSSBAUM et Jérôme CHEMITTE .....	133

Partie 1

## Approches générales



# 1 La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels

Frédéric LEONE et Freddy VINET

*Équipe d'accueil GESTER (Gestion des sociétés, des territoires et des risques), université Paul-Valéry, Montpellier III*

Frederic.Leone@univ-montp3.fr

Freddy.Vinet@univ-montp3.fr

**Résumé.** — L'évaluation des risques implique par définition de considérer à la fois les aléas, les enjeux exposés et leurs vulnérabilités. Depuis une dizaine d'année le concept de vulnérabilité fait l'objet d'une appropriation progressive par les sciences humaines qui lui donnent une dimension plus large que la simple vulnérabilité technique des infrastructures qui prévalait jusqu'alors dans les démarches d'évaluation des risques. Après avoir rappelé les termes de définition de ce concept et en se basant sur une importante analyse bibliographique, cet article dresse un premier bilan de la richesse, de la diversité et de l'importance des méthodes et des outils d'évaluation des vulnérabilités aux menaces naturelles. Il en ressort un essai de synthèse de ces approches d'évaluation assortie d'un état provisoire de leur disponibilité, travail indispensable pour mener de futurs transferts d'expériences et pour asseoir définitivement ce concept au cœur des analyses de risque.

**Mots-clés.** — Vulnérabilité, risque naturel, catastrophe, évaluation, méthodologie, disponibilité.

**Title.** — *The vulnerability, a fundamental concept at the core of natural risk assessment methods*

**Abstract.** — By definition, risk assessment considers the hazards, the elements at risk, and their vulnerabilities. For the past ten years, the concept of vulnerability has been progressively used by social sciences, giving it a larger dimension than the simple technical approach of the infrastructures' vulnerability which was prevailing in risk assessment methods. This article reviews the definitions, based on an extensive bibliographical study. Then it strives to create a synthesis of the richness, the diversity and importance of the methods and assessment tools developed to analyse the vulnerabilities to natural threats. By highlighting a provisional state of the availability of the various methodologies, this synthesis is critical to conduct prospective experience transfers, and to definitely set the concept of vulnerability at the core of risk assessment.

**Key-words.** — Vulnerability, natural risk, disaster, assessment, methodology, availability.

## 1.1 La vulnérabilité, un concept qui s'affirme

### 1.1.1 La catastrophe, révélateur de vulnérabilités humaines et territoriales

Si le risque s'exprime virtuellement, la catastrophe dite « naturelle » le concrétise quant à elle par l'expression d'un endommagement, résultat de l'impact de phénomènes naturels sur les sociétés et leurs territoires. C'est une notion très relative en fonction du lieu d'où est perçu l'événement jugé catastrophique, une construction psychosociale dont la cause « naturelle » est souvent à rechercher bien loin des effets constatés (Gaillard, 2001). Pour les spécialistes de l'approche systémique, la catastrophe se définit comme la « rupture dans une trajectoire, dans la reproduction d'un système [...] suivie par l'émergence ou la bifurcation d'une nouvelle trajectoire et la mise en place d'un nouveau système » (Brunet et al., 1993). On conçoit dès lors que cette notion est très liée à la notion de seuil d'endommagement et que le franchissement ou non de ces seuils est largement conditionné par la capacité de réponse des sociétés concernées, autrement dit leur résilience (Klein Richard, 2003), ou a contrario leur vulnérabilité.

En effet, les bilans socio-économiques et les nombreux retours d'expérience menés ces dernières années, nous enseignent que les catastrophes sont de véritables révélateurs de vulnérabilités humaines et territoriales au sein des communautés et sociétés frappées. En analysant par exemple la distribution socio-géographique des victimes mondiales de catastrophes naturelles sur la période 1973-2002 (Thouret & Leone, 2003), il apparaît des différences très significatives suivant l'état de pauvreté des pays touchés. Les pays les moins développés et les plus pauvres, c'est-à-dire présentant un Indice de Développement Humain (IDH) inférieur à 0,8 (= Mexique), ont enregistré sur cette période de 30 ans 96% des décès imputables à des phénomènes naturels, ce qui fait indiscutablement de la pauvreté la première cause profonde de vulnérabilité. Mais les dégâts du cyclone Katrina ont montré que le développement technologique et la richesse s'ils permettaient de réduire la vulnérabilité de nos sociétés ne mettent pas à l'abri de catastrophes de grande ampleur. La vulnérabilité n'est donc pas la stricte fonction inverse du degré de développement économique.

À l'échelle mondiale, la densification des enjeux dans les zones de danger apparaît comme un autre grand catalyseur de vulnérabilités. Il s'agit d'un processus très rarement réver-

sible dont les causes premières sont à rechercher dans une attirance pour certains territoires fertiles ou stratégiques, mais à risque élevé, tels que les volcans, les littoraux, les deltas, les vallées, les cônes de déjection et parfois même les replats de glissements de terrain anciens. La croissance démographique, souvent couplée à un exode rural massif et encore actif dans certains pays en développement, a contribué à urbaniser de plus en plus ces sites à risque. À titre d'exemple, on estime actuellement à près de 402 millions le nombre de personnes vivant au pied de volcans actifs<sup>1</sup>. De nombreuses agglomérations urbaines multimillionnaires, comme Arequipa, Quito, Managua, Kagoshima ou Naples, se situent à moins de 25 km de volcans en activité.

On comprend dès lors que la réduction des risques, faute de pouvoir contenir la plupart des phénomènes en cause, est avant tout une question de réduction des facteurs qui font les vulnérabilités, qu'ils soient d'origine démographique, institutionnelle, organisationnelle, politique, conjoncturelle, technique, socio-économique, culturelle ou psycho-sociale (D'Ercole, 1994). Mais cette réduction passe préalablement par la maîtrise d'un concept émergent, encore très débattu et aux acceptations différentes, et la mise à disposition de méthodes d'évaluation jusqu'alors trop dispersées. Nous proposons ici de formaliser davantage ce concept et ses approches, tout en tirant un premier bilan bibliographique des efforts consentis pour l'évaluer.

### 1.1.2 Vers l'élaboration d'un corpus sémantique propre à la géographie des risques

Depuis une dizaine d'années, les géographes ont définitivement investi le champ des risques naturels. Cela s'est traduit par l'émergence de cette question dans les programmes des concours de l'enseignement secondaire et sa percolation progressive dans les manuels scolaires. Pourtant la visibilité du concept de risque dans la bibliographie géographique et dans la société en général s'accompagne d'un double mouvement. D'un côté, le succès de termes comme risque, vulnérabilité, résilience est tel qu'ils sont parfois galvaudés et entendus dans un sens large qui sape toute tentative de clarification sémantique. De l'autre, des concepts jadis flous (vulnérabilité) font l'objet de définitions de plus en plus claires et intégrées. Ainsi s'élabore lentement mais sûrement un corpus théorique, terminologique et méthodologique propre à la géographie du risque où les concepts, au sens où l'entend Dauphiné (2001) prennent un sens bien précis. Si le terme d'aléa est réservé aux phénomènes naturels, les géographes français se sont appropriés celui de vulnérabilité pour le développer et lui donner une dimension plus large que la simple vulnérabilité structurelle qui prévalait jusque-là (vulnérabilité structurelle des bâtiments face à l'aléa sismique par exemple). En revanche, il convient de bien distinguer les enjeux de leur vulnérabilité alors qu'une tendance à la confusion englobait tout ce qui ne relevait pas de l'aléa

sous le vocable « les vulnérabilités ». De même, exposition et vulnérabilités, parfois confondues, sont théoriquement indépendantes. L'exposition est la coïncidence spatiale entre les enjeux et l'aléa d'où la notion de zone à risque. Mais un bien, une usine par exemple peut être vulnérable aux inondations sans y être exposée si la route qui l'alimente en pièces détachées ou en matières premières est coupée par le débordement d'un cours d'eau. L'exposition peut être entendue au sens temporel notamment pour les phénomènes saisonniers comme les cyclones. Les enjeux sont exposés aux aléas cycloniques lors d'une certaine période de l'année variable selon les lieux. La vulnérabilité ne se limite donc pas aux zones exposées. L'analyse de la vulnérabilité ne doit donc pas s'arrêter aux espaces directement touchés par l'aléa. L'exemple de l'usine située hors zone inondable mais affectée par l'inondation démontre l'intérêt d'une approche territorialisée du risque où le territoire vulnérable ne se confond pas avec l'espace touché par l'aléa.

Par ailleurs, si la conceptualisation progresse, elle tarde à se traduire dans la réalité. Plus que l'aléa, la vulnérabilité bute sur les problèmes de quantification et sur les limites de la modélisation en ce domaine.

## 1.2 La vulnérabilité, composante fondamentale de l'appréciation du risque

### 1.2.1 La prise en compte tardive de la vulnérabilité dans l'équation des risques

S'il est désormais admis que le risque naît de la conjonction d'une menace (l'aléa) et d'enjeux plus ou moins vulnérables, la prise en compte des vulnérabilités comme composante fondamentale du risque au même titre que l'aléa tarde à entrer dans les mœurs. En effet le risque a été longtemps étudié sous l'angle de l'aléa. Tant pour les risques sismique qu'hydroclimatiques, l'opinion des décideurs, les financements et le savoir faire scientifique se sont longtemps tournés vers l'aléa (modélisation hydraulique et sismique en particulier). En géographie, les spécialistes de la géographie des risques se sont pour la plupart formés au départ sur les aléas (géoclimatologues, géomorphologues, hydrologues). Ils ont « glissé » vers une approche plus globale, parfois anthropocentrée de la notion de risque.

La vulnérabilité des territoires et des sociétés exposées aux menaces d'origine naturelle est pourtant une composante fondamentale de l'appréciation du risque. Nombreuses sont les définitions, officielles ou non, de la vulnérabilité. Mais en règle générale, deux grandes distinctions apparaissent selon que l'on appréhende la vulnérabilité d'un point de vue social — en tant que propension à l'endommagement, ou d'un point de vue technique — en tant que mesure de l'endommagement (D'Ercole, 1994 et 1996). Le problème des définitions « techniques » est qu'elles confondent souvent le sens même de ce concept avec ses modalités d'évaluation. Aussi, pour bien marquer cette distinction, la définition qui nous semble la plus appropriée est celle « d'une propension

<sup>1</sup> Vivant plus précisément à moins de 50 km des 1 521 volcans actifs émergés du globe (source Leone, inédit).

à l'endommagement ou au dysfonctionnement de différents éléments exposés (biens, personnes, activités, fonctions, systèmes) constitutifs d'un territoire et d'une société donnés ».

### 1.2.2 Approche analytique ou synthétique de la vulnérabilité

Une approche analytique envisagera la vulnérabilité par nature d'enjeux :

- structurale : pour les infrastructures physiques (bâti, réseaux physiques, ouvrages d'arts, etc.) ;
- corporelle : pour les personnes physiques (dommages corporels) ;
- humaine ou sociale pour les populations (approches sociale ou psycho-sociales) ;
- institutionnelle : pour les institutions ;
- environnementale : pour les différentes composantes du milieu naturel (végétation, ressources en eau, etc.) ;
- fonctionnelle : pour les fonctions et activités diverses (économiques notamment) supportés par les éléments précédents.

Mais comme nous l'enseigne l'approche systémique, la vulnérabilité d'un territoire n'est pas réductible à la somme des vulnérabilités des enjeux exposés. Une approche holiste de la vulnérabilité s'impose pour décrire et analyser les systèmes complexes (territoriaux, sociaux, organisations, institutions, etc.) supportés par l'ensemble des éléments précédents. On parlera dans ce cas là de vulnérabilité systémique.

Ces différentes formes de vulnérabilité se déclinent dans des échelles de temps et d'espace, qui leur sont propres suivant la nature des éléments vulnérables, leur niveau d'organisation, leur implantation géographique et la période analysée (avant, pendant ou après une crise). Il apparaît donc clairement que la vulnérabilité est un système dynamique, articulé autour d'une multitude de facteurs directs et indirects, en interaction souvent complexe.

### 1.2.3 L'acceptabilité du risque, aspect fondamental de la vulnérabilité

La notion d'acceptabilité du risque est peu débattue chez les géographes. Pourtant, la notion d'acceptabilité est selon nous au cœur du débat sur les risques en tant que variable d'ajustement du seuil de réduction du risque et donc des vulnérabilités. Elle est en quelque sorte une mesure en creux de la vulnérabilité. La question politique de premier ordre est bien celle du niveau de risque que les populations exposées sont prêtes à supporter. Une des approches de la vulnérabilité consisterait à déterminer le degré d'acceptation d'un risque par une population donnée afin d'en déduire la vulnérabilité. La méthode « Inondabilité » développée par le Cemagref réduit d'ailleurs la mesure de la vulnérabilité à l'acceptabilité de l'aléa. La « vulnérabilité » y est définie par un niveau d'aléa acceptable exprimé en intensité et période de retour pour chaque type d'enjeu (Gendreau, 1999). Le problème est que ce niveau d'acceptabilité de l'aléa ou du niveau de risque en général dépend de facteurs difficilement quantifiables comme l'ont montré les psychosociologues et

sociologues et que sa quantification est difficile (Peretti-Watel, 2001). Dauphiné (2001, p. 26) esquisse un tableau des facteurs de perception des risques naturels : compréhension du phénomène, concentration spatiale et temporelle des victimes..., pour ne retenir que quelques exemples. Le contrôle personnel (réel ou perçu) est un facteur de plus grande acceptabilité du risque. Ainsi les homicides ou les accidents de la route, infiniment plus meurtriers que les catastrophes naturelles sont mieux tolérés.

Pour Theys (1991), l'acceptabilité du risque est étroitement liée aux valeurs associées au danger et aux enjeux. En ce sens, la perte de considération pour les valeurs véhiculées par l'ancienne société rurale expliquerait l'intolérance croissante des populations pour les excès (sécheresse, inondations, avalanches) d'une nature qui ne fait plus partie des valeurs quotidiennes mais relégués dans les horizons ludiques de sociétés de plus en plus urbanisées. À contrario, la valeur croissante accordée aux enjeux (matériels et humains) abaisse le niveau d'acceptabilité et rend plus intolérable toute perturbation venant d'une nature dont de moins en moins de personnes tirent directement leur subsistance.

L'acceptabilité d'un aléa est liée à la perception de l'aléa et des vulnérabilités elle-mêmes par les populations potentiellement sinistrées. Par exemple la non perception de leur propre vulnérabilité par des populations exposées à des risques naturels est elle-même un facteur de vulnérabilité qui va contrarier la mise en place de mesures de préventions. C'est ce que montre Peltier dans ce volume pour les campings des Hautes-Pyrénées.

Dans leur approche des risques, les Suisses (Planat, 2003) distinguent l'analyse des vulnérabilités de leur évaluation. En effet, au-delà de l'analyse des vulnérabilités il convient dans une démarche opérationnelle de déterminer le niveau de vulnérabilité acceptable ou par défaut les vulnérabilités inacceptables sur lesquelles se portera prioritairement la prévention. La vulnérabilité structurelle peut être considérée comme indépendante de l'acceptabilité du risque mais la vulnérabilité politique et sociale est très liée à l'acceptabilité du risque. C'est ce qui rend la vulnérabilité d'une société dans son ensemble difficilement quantifiable et « modélisable ». L'acceptabilité du risque est liée à l'aléa et ses paramètres de fréquence, intensité... mais aussi et surtout à l'état de la société qui désigne la capacité d'un organisme, d'un être, et par extension d'un groupe social à dépasser une épreuve voire à s'appuyer dessus pour progresser et reconstruire.

## 1.3 Un aperçu des travaux portant sur les vulnérabilités

Ce paragraphe tente de dresser un premier bilan, mais non exhaustif, des travaux et des recherches internationales portant sur les vulnérabilités aux catastrophes naturelles. Cette synthèse repose sur une analyse bibliographique détaillée dont le contenu et les références sont présentés dans une étude effectuée pour le compte du ministère de l'Équipe-

ment, du Transport et du Logement (Leone, 2003).

Les travaux sur les vulnérabilités ont été analysés selon différents critères (type d'approche, nature des éléments vulnérables, nature des aléas, types de traitements cartographiques, nature des critères de vulnérabilité retenus, disciplines mobilisées, région géographique étudiée, échelle d'analyse, mise au point de protocoles méthodologiques transposables, outils utilisés, etc.). Le tableau 1 p. 14 recense par exemple quelques travaux ayant porté sur les diagnostics de vulnérabilité. L'objectif principal de cette analyse a été d'estimer le niveau de disponibilité opérationnelle des méthodes d'évaluation des vulnérabilités aux menaces naturelles. Dans les lignes qui suivent nous retranscrivons quelques conclusions de cette analyse qui a porté sur près de 250 références bibliographiques ne traitant que de vulnérabilité à des phénomènes naturels.

### 1.3.1 Des approches sectorielles souvent empiriques

#### 1.3.1.1 La vulnérabilité structurelle et corporelle

Les travaux la concernant sont les plus abondants, tant à travers les retours d'expérience, que les diagnostics de vulnérabilité qui font partie intégrante des très nombreuses simulations de dommages fournies par la littérature en différents points du globe. C'est majoritairement le bâti qui est concerné et en particulier au regard des séismes. Il sert généralement de base à l'élaboration des scénarii d'endommagement. Les réseaux physiques font quant à eux l'objet de nombreux constats d'endommagement après sollicitation sismique. Pour les aspects techniques, les recherches sont souvent menées par les architectes notamment ceux de l'*Institute for Research in Construction* au Canada et du CSTB en France (voir la contribution de Salagnac & Bessis dans ce volume) ou l'Université de Cambridge en Grande-Bretagne (Kelman & Spence, 2002). L'objectif de ces études est de déterminer les fragilités techniques des bâtiments ou infrastructures face au risque inondation afin d'en diminuer la vulnérabilité ou celle de leur occupants en cas de sinistre. Le programme européen EUOFLOOD II (1994-1997) avait pour but de déterminer des fonctions de dommage dues aux inondations pluviales urbaines. Dans les États participants (Royaume-Uni, France...) des méthodes ont émergé de ce programme comme la méthode « Inondabilité » en France qui n'est que partiellement centrée sur la vulnérabilité comme nous l'avons vu plus haut.

La vulnérabilité corporelle est prise en compte surtout dans le cadre des scénarii sismiques dont le but est aussi d'estimer les pertes humaines potentielles en fonction du niveau d'endommagement du bâti (vulnérabilité structurelle).

#### 1.3.1.2 La vulnérabilité humaine ou sociale

Elle est essentiellement traitée sous la forme de retours d'expérience sur les réponses, les adaptations, les comportements face aux événements dommageables et leurs conséquences socio-économiques et territoriales. Les recherches la concernant s'inscrivent aussi dans une démarche d'éva-

luation des risques lorsque les auteurs cherchent à diagnostiquer la vulnérabilité humaine en étudiant la qualité de la perception des menaces ou de la mémoire, la connaissance des moyens de protection, les types de comportements potentiels, etc. (cf. tableau 1 p. 14). Ces études conduisent assez souvent, pour ce qui est des équipes françaises, à des cartographies utiles pour définir des stratégies de prévention prenant en compte la dimension psycho-sociale des risques. De tels travaux, basés sur des campagnes d'enquêtes, ont notamment été menés par des géographes français en Équateur, aux Philippines, en Colombie et aux Antilles. Ils suivent tous des protocoles méthodologiques similaires impulsés par le géographe Robert D'Ercole lors de sa thèse sur le volcan Cotopaxi (D'Ercole, 1991). Dans ce domaine de la cartographie des « facteurs de vulnérabilités humaines », on peut réellement parler d'« école française ».

#### 1.3.1.3 La vulnérabilité institutionnelle

Les travaux apparaissent essentiellement dans le cadre des retours d'expérience avec pour thème principal l'analyse de la capacité de réponse des institutions face à la crise. Notons qu'ils sont très liés à ceux traitant de vulnérabilité humaine ou sociale, la vulnérabilité institutionnelle étant un facteur indirect de cette dernière. Des travaux de cette nature ont été menés par des équipes françaises en France (Gilbert C., 1992) notamment par le retour d'expérience (Gilbert, 1999 ; Gilbert & Bourdeaux, 1999), mais aussi au Japon, aux Philippines, en Colombie, au Salvador, aux Antilles, en Équateur.

#### 1.3.1.4 La vulnérabilité environnementale et patrimoniale

Ils concernent majoritairement l'analyse des dommages sur la végétation, les cultures, les sols et la faune provoqués par les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les inondations. Ces approches restent pour l'essentiel qualitatives, avec une simple description de dommages. Notons également une référence sur les effets des tornades sur les forêts du Minnesota (U.S.A.). Des travaux similaires existent suite aux tempêtes qui se sont abattues sur l'Europe de l'Ouest en décembre 1999. Cependant, il apparaît clairement qu'au regard des impacts environnementaux et agricoles, ce sont les éruptions volcaniques qui offrent la plus grande diversité de modes d'endommagement. Par contre, rares sont les références portant sur l'endommagement potentiel des ressources naturelles (eau, minerais, etc.). En Italie, les études portant sur la vulnérabilité patrimoniale partent des retours d'expérience effectués suite aux grandes inondations de l'Arno à Florence en 1966 (Avramidou, 2003).

#### 1.3.1.5 La vulnérabilité fonctionnelle et économique

L'analyse des dysfonctionnements divers, notamment des activités économiques, souvent consécutivement aux ruptures des réseaux de communication, a surtout fait l'objet de recherches suite aux séismes, par exemple de Los Angeles (1994) et de Kobe (1995). Des travaux concernent des secteurs d'activité particuliers. C'est le cas par exemple du secteur touristique après le séisme d'Italie de 1998, dont

la baisse d'activité a été évaluée à travers une modélisation à posteriori de la baisse de fréquentation (Mazzochi & Montini, 2001).

La modélisation de ces dysfonctionnements dans le cadre d'évènements futurs est quant à elle beaucoup moins développée et suit généralement l'approche classique des modèles « *input-output* » des économistes servant à évaluer les pertes potentielles indirectes en se basant sur l'analyse des liaisons économiques entre les différents secteurs d'activité. Là encore, c'est essentiellement dans le domaine du sismique que l'on a pu identifier des travaux, menés au Japon, aux États-Unis, en Russie et en France dans les régions de Lambesc et de Nice.

L'approche des vulnérabilités (ou plutôt des enjeux) par le coût potentiel des catastrophes est pratiqué depuis longtemps. Dès la fin des années 1950 des auteurs se posent la question des mesures de protection à envisager pour diminuer les enjeux exposés. En France, les études d'estimation des coûts des inondations existent au moins depuis les années 1960. Dans les années 1970, des bureaux d'étude avaient entrepris la mesure des impacts économiques des inondations dans différentes régions françaises. Après l'échec de leur prise en compte (Ledoux consultant, 1995 ; Hubert et al., 2001), une nouvelle génération d'études a vu le jour et tend à être généralisé notamment celles menées par l'équipe pluridisciplinaire Plan Loire (De Blois & Wind, 1996 ; Barbut et al., 2004). Les grands bassins versants européens (Loire, Rhin) ont fait l'objet d'études d'enjeux et de vulnérabilités. Les approches de simulation de dommages sont assez nombreuses pour les entreprises. Le MEDD a financé des programmes de recherche visant à définir des méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité des PME/PMI. Le plan Loire grandeur nature reprenant les travaux de B. Ledoux Consultant & Sageris (2001), a mené de nombreuses évaluations de la vulnérabilité des entreprises face au risque d'inondation qui sont reprises par d'autres structures de bassin versant dans une optique de réduction de cette vulnérabilité. Bertheliet et al. nous livrent dans ce volume un exemple d'évaluation fine de la vulnérabilité d'entreprises face au risque d'inondation lente.

### 1.3.2 Les difficultés d'une approche globale et systémique de la vulnérabilité

L'étude de la vulnérabilité face aux risques naturels a d'énormes difficultés à sortir des diagnostics sectoriels. Ces approches sectorielles se font généralement dans le cadre de recherches appliquées destinées à dégager des mesures de prévention possibles de la vulnérabilité désignées sous le terme de « mitigation » par le ministère de l'Écologie et du Développement durable. Rares sont les études approchant la vulnérabilité sous l'angle de la systémique, c'est-à-dire en travaillant simultanément sur les dommages structurels, socio-économiques et fonctionnels et donc sur toutes les réactions en chaîne induites par l'impact initial d'un phénomène naturel ; ce qui nécessite de considérer simultanément de multiples enjeux.

Parmi les objets d'étude pouvant justifier une telle approche, le système territorial, notamment urbain, semble le plus approprié. À ce titre et au regard de l'évaluation des risques (diagnostics suivis de scénarii), quelques travaux s'inscrivent dans cette démarche : ceux menés par le BRGM sur Nice (Lutloff, 2000) dans le cadre du programme Gémitis (risque sismique) et ceux menés par l'IRD sur le district métropolitain de Quito (Équateur) dans le cadre de l'élaboration d'un « système d'information et risques » (volcaniques notamment) (D'Ercole & Metzger, 2004). La vulnérabilité des systèmes urbains face aux risques naturels, technologiques ou sociaux a fait l'objet d'autres études (Hardy, 2003 ; Bonnet, 2005 ; Chardon, 1996 ; Mitchell, 1999).

Cependant, d'autres travaux, s'inscrivant quant à eux dans le cadre de retours d'expérience, ont tenté d'évaluer la vulnérabilité de systèmes urbains et territoriaux en s'intéressant d'une part à la notion de chaîne de dommages, notamment induite par les ruptures de réseaux après séisme (Kobé, Japon, 1995) ou éruption volcanique (Quito, 1999) ou d'autres part aux recompositions territoriales consécutives à une catastrophe comme celle du Pinatubo, (Gaillard, 2001).

### 1.3.3 Les territoires étudiés et leur contexte socio-économique

Dans le cadre des diagnostics de vulnérabilité humaine ou sociale, l'essentiel des travaux concerne des communautés appartenant à des pays en développement. Les raisons de ces choix sont directement déterminées par les objectifs poursuivis par ces études, à savoir la réduction des risques par la réduction des vulnérabilités, notamment sociales et institutionnelles, particulièrement exacerbées dans ces pays. Pour les mêmes raisons, les scénarios sismiques semblent se développer de plus en plus dans ces régions pauvres, notamment dans le cadre du programme Radius de l'ISDR (Éthiopie, Chili, Équateur, Indonésie, Turquie, Ouzbékistan, Chine, Mexique). On semble donc assister à un véritable transfert d'expériences dans ce domaine après plusieurs décennies de scénarii sismiques menés dans les pays industrialisés depuis le début des années 1970.

### 1.3.4 Les échelles spatiales d'analyse

Les études consultées se font généralement à l'échelle locale (urbaine, bassin de risque) et plus rarement à l'échelle régionale (volcan, région). Notons cependant que quelques réflexions et tentatives d'évaluation à des échelles nationales (Turquie, Chine), internationales (Amérique centrale), voire mondiales, ont été engagées en particulier dans le domaine de scénarii sismiques basés sur le calcul des pertes économiques potentielles exprimées en réduction de PIB ou de PNB des pays ou régions concernées.

À la même échelle, mais sous l'angle du diagnostic, certains auteurs ont tenté de hiérarchiser la vulnérabilité de différents pays du bassin caraïbe et de l'Asie à l'aide de macro-indicateurs socio-économiques représentatifs d'une part de leur état de pauvreté (IDH), des retards en équipements

Tableau 1.1 Exemples de diagnostics de vulnérabilité humaine ou sociale (modifié d'après Leone, 2003)

Zone géographique concernée et type de population concernée si particulière	Références	Principaux critères de vulnérabilité humaine retenus <sup>1</sup>	Approche qualitative ou quantitative <sup>2</sup>	Représentations cartographiques et géocodé <sup>3</sup>
<b>Séismes</b>				
Martinique — Antilles	D'Ercole et al., 1993	Perceptions des menaces — Connaissances des moyens de protection — Sources d'information — Niveau de préparation — Qualité des systèmes d'alerte — Accessibilité des zones de refuge — Vulnérabilité des bâtiments — Vulnérabilité corporelle	Qualitative et quantitative	Non
Martinique — Antilles — France (population en train de faire construire une maison)	Mavoungou, en préparation	Perception des menaces — Représentations — Comportements potentiels — Connaissance des moyens de protection — Vulnérabilité institutionnelle	Qualitative et quantitative	Oui (quartier)
Martinique — France	Mavoungou, 2000	Perceptions — Connaissance — Information — Pratiques	Quantitative	Non
Tokyo — Japon (sans abris)	Wisner, 1998	Ressources économiques — Accès aux soins — Accès aux services — Assistance sociale	Qualitative	Non
Popayan — Colombie	D'Ercole, 1996	Perceptions et représentations	Qualitative et quantitative	Oui (quartier)
<b>Éruptions volcaniques</b>				
Région du Cotopaxi — Equateur (lahars)	D'Ercole, 1991	Perceptions — Représentations — Comportements potentiels — Connaissance des moyens de protection — Niveaux de confiance — Accessibilité/Localisation — Niveau socio-économique — Type d'habitat — Sexe — Age — Nombre de personnes dans le ménage — Temps de résidence — Confiance — Mémoire — Sources d'information	Quantitative	Oui (paroisse=commune)
Vallée de la Pasig-Potrero — Luzon — Philippines (lahars)	Gaillard et al., 2001	Perception du risque — Comportements potentiels — Attitudes en cas d'ordre d'évacuation	Quantitative	Oui (infra-communal)
Martinique — France (populations proches du volcan)	D'Ercole & Rançon, 1999	Comportements potentiels en cas d'évacuation — Perception de la nature des menaces — Perception des espaces menacés	Quantitative	Oui (île)
Furnas — Sao Miguel — Açores	Dibben & Chester, 1999	Durée de résidence — Attachement au village — Niveau de perception des menaces — Niveau de préparation — Caractéristiques sociales — Vulnérabilité technique du village	Qualitative	Non
Mérapit — Indonésie	Lavigne, 1999	Critères socio-démographiques et socio-culturels (Densité de population — Part des moins de 15 ans — Part des plus de 50 ans — Taux d'analphabétisme) . Critères techniques et fonctionnels (Nombre de téléphones pour 1000 habitants — Nombre de bus et camions de capacité supérieure à 10 passagers pour 100 00 habitants — Nombre de minibus et de voitures de capacité inférieure à 10 passagers pour 10 000 habitants — Densité communale de routes bitumées au km <sup>2</sup> — Nombre d'écoles pour 1000 habitants — Proportion de maisons en pierre — Nombre d'hôpitaux, de cliniques, de dispensaires et de médecins pour 10 000 habitants)	Quantitative	Oui (commune)
Quito — Equateur	D'Ercole & Metzger, 2000	Perception du risque — La connaissance des alertes volcaniques et de leurs différents niveaux — La représentation des caractéristiques d'une éventuelle éruption — La perception du risque personnel (au lieu de résidence de la personne interrogée) — Variables explicatives (critères de sélection des PSE ou facteurs indirects de vulnérabilité) : Niveau socio-économique — Niveau d'éducation — Crédibilité accordée aux autorités — Distance au volcan — L'exposition au risque volcanique	Quantitative	Oui (quartier)
Petites Antilles	Lesales, 2005	Perceptions — Représentations — Vulnérabilité institutionnelle — IDH — PIB	Qualitative et quantitative	Oui (îles)
Ibagué — Colombie (lahars)	Laforge & Thouret, 1991	Perceptions — Représentations — Vulnérabilité institutionnelle — IDH — PIB	Qualitative et quantitative	Oui (îles)
Montserrat — BWI	Lesales, 1999	Perception du danger	Qualitative et Quantitative	Oui (districts)

<b>Mouvements de terrain</b>			
Antilles (maires, ...)	Cospar, en préparation	Vulnérabilité institutionnelle — Connaissance — Perceptions — Niveau de préparation	Qualitative ?
<b>Vents forts</b>			
Saintes — Guadeloupe — France	Pagny & Suédois, 1999	Perception des menaces — Connaissances — Expériences — Niveau de préparation	Quantitative Non
Antilles — France	Bonfanti, 2004	Vulnérabilité structurale du bâti — Perceptions — Comportements potentiels — Expérience	Qualitative et quantitative ?
<b>Multi-aléas</b>			
Manizales (séismes, glissements, inondations)	Chardon, 1996	Niveau socio-économique — Densité — Moyens de secours — Accessibilité — Organisation communautaire — Établissements scolaires et universitaires	Quantitative Oui (quartier)
Cairns (cyclones, tempêtes, houles, inondations)	King, 2001	Indicateurs socio-économiques	Quantitative Oui (quartier)
	Longhurst, 1995		
Caratbe, Amérique centrale et Asie	D'Ercole & Pigeon, 1999; D'Ercole et al., 1997,	PIB — IDH — Taux de croissance urbaine	Quantitative Non
Vallée des Ormonts — Préalpes vaudoises — Suisse	Schoeneich & Busset-Henchoz, 1998	Perceptions — Capacité d'adaptation	? ?
<b>Marée de tempête</b>			
Revere — Massachusetts USA	Clark et al., 1998	Indicateurs socio économiques (âge, culture, niveau de vie, structure familiale, niveau d'éducation) — Mobilité — Temps de résidence	Quantitative Oui (quartier)
<b>Changements climatiques</b>			
Xuan Thuy (littoral)	Adger & Kelly, 1999	Pauvreté — Inégalités — Capacité d'adaptation des institutions	Qualitative Non
<b>Avalanches</b>			
Valais — Suisse	Herold-Revaz et al., 1998	Perceptions — Capacité d'adaptation	? ?
<b>Inondations</b>			
France	Cemagref (Gillard O. Givone P., 1998)	Niveau d'acceptabilité de l'aléa — modélisation	
Angleterre	DEFRA, 2003	Type de population (âge, pers. handicapées), type d'habitat, efficacité du système d'alerte et d'évacuation	Semi-quantitative
Angleterre	Kelman & Spence, 2002	Vulnérabilité du bâti face aux inondations	
Suisse	Planat, 2003		
USA	HAZUS-MH/FEMA	Vulnérabilité du bâti, Type d'occupation des immeubles. Fonction de perte	Quantitative
France	Ledoux & Sageris 1999; Equipe pluridisciplinaire Plan Loire, 2001	Vulnérabilité des entreprises. Vulnérabilité fonctionnelle et structurelle— Existence de sinistres précédents, assurance.	Qualitative et quantitative suivant les critères

1. Facteurs ou indicateurs analysés ou pris en compte par les auteurs pour évaluer la vulnérabilité — Différencier les facteurs directs des facteurs indirects (variables explicatives) — Différencier ceux reflétant une sensibilité à l'endommagement de ceux traduisant une capacité de réponse à l'endommagement (résilience).
2. L'approche qualitative repose sur une simple analyse des facteurs et conditions de vulnérabilité. L'approche quantitative implique un traitement statistique des éléments vulnérables sur la base de critères de vulnérabilité qualitatifs (qualité de la menace par ex.) éventuellement pondérés, ou quantitatifs (âge par ex.).
3. Le géocode correspond à l'unité géographique servant à représenter les niveaux, facteurs, ou indicateurs de vulnérabilité issus de l'approche quantitative.

(taux de croissance urbaine), des ressources disponibles pour faire face à une crise (PIB). Il s'agit d'une approche assez classique qui peut cependant aider à définir les grandes orientations et priorités internationales en matière de prévention des risques en se basant sur ces macro-indicateurs de vulnérabilité.

La difficulté réside dans le choix de l'échelle d'analyse. La solution de facilité est souvent de ne considérer la vulnérabilité que sur les espaces directement touchés par l'aléa. Or on montre aisément que les catastrophes naturelles n'ont pas seulement des répercussions dans la zone d'aléa mais aussi par ricochet dans les zones alentours sans parler de téléconnexions à l'heure de la globalisation des risques. Il est des territoires de vulnérabilité qui ne se confondent pas forcément avec l'espace du phénomène naturel. L'exemple du tsunami du 26 décembre 2004 en Asie a montré que la Suède est très vulnérable face à ce type d'aléa par l'intermédiaire du tourisme exotique et ce pays fut l'un de ceux qui ont payé le plus lourd tribut au tsunami proportionnellement à sa population.

Il en est de même pour les répercussions des catastrophes naturelles sur les marchés financiers comme l'a montré l'irruption de Katrina dans un marché pétrolier très tendu.

### 1.3.5 Les outils d'évaluation utilisés

Dans le cadre des approches prospectives d'évaluation des risques, les procédures de modélisation des dommages et des pertes sont désormais systématiquement assistées par ordinateur et font partie intégrante de SIG à vocation plus ou moins préventive. Cependant, certaines équipes ont développé des outils spécialisés évoluant dans un environnement SIG. On peut citer notamment les logiciels de simulation des pertes potentielles développés par la FEMA américaine pour les inondations, les vents forts (cyclones et tempêtes) et les séismes (HAZUS-MHTM), par la société française JPA Consultants pour les mouvements de terrain (EVARISK), par la société américaine EQECAT qui développe des produits pour les grands assureurs et les institutions (WORLDCATM, JAPANCATM, CANADAQUAKETM) ou bien par certaines équipes de sismologues colombiens (PERCAL, GRAPPER) et italiens (EXPRIM).

Dans le cadre des analyses en retour, l'imagerie spatiale semble offrir des potentialités de plus en plus fortes en matière d'estimation des dommages structuraux et environnementaux, notamment consécutivement aux séismes, aux inondations et aux tsunamis, avec des résolutions optiques inférieures au mètre.

Sur un plan purement social, des équipes ont développé des questionnaires post-sismiques visant à mieux cerner les comportements des populations lors des séismes, en Martinique (1999), au Salvador (2000) et plus récemment en Algérie (2003). Ce type de questionnaire fait également parti des outils communs des chercheurs travaillant sur les diagnostics de vulnérabilité humaine et au moyen desquels ils cherchent à évaluer en particulier les facteurs d'ordre perceptif, comportementaux et cognitifs conditionnant certaines formes

de vulnérabilité humaine dans le cadre d'approches psychosociales. De tels questionnaires ont servi de support à des travaux français menés aux Philippines, aux Antilles, en Équateur et en Colombie.

Enfin, la cartographie, pour des raisons évidentes de communication et de sensibilisation s'impose de plus en plus pour retranscrire les résultats de scénarii d'endommagement par exemple. Pour ce qui est des approches sociales, il apparaît clairement que seuls les géographes font preuve d'une certaine habilité à retranscrire des informations sur la vulnérabilité humaine contrairement aux sociologues et psychologues très peu sensibilisés à la spatialisation de leurs résultats et à l'analyse des différenciations spatiales.

### 1.3.6 Les disciplines et équipes mobilisées

Dans le domaine des scénarii d'endommagement il apparaît peu surprenant de retrouver sur les questions de vulnérabilité des équipes scientifiques formées aux aléas ou aux métiers de la construction : architectes et sismologues, volcanologues, géomorphologues. Or ce champ de recherche semble de plus en plus investi par les géographes qui de part une formation relativement pluridisciplinaire sont à même de se positionner sur ces questions en assurant l'interface entre phénomène dommageables et enjeux vulnérables, tout en maîtrisant les approches spatiales et les outils cartographiques. Cette tendance semble d'ailleurs se confirmer par l'essor d'une sous discipline de la géographie : la géographie des risques naturels. Ainsi les géographes semblent de plus en plus souvent sollicités par les sismologues, les volcanologues et les géomorphologues (quand ils ne le sont pas eux-mêmes) au côtés de sociologues et quelques rares psychologues. En France, nombreux sont les jeunes géographes suivant cette tendance en assurant un décloisonnement bénéfique de leur propre discipline longtemps partagée entre sciences humaine et sciences naturelles.

Cependant, si des rapprochements entre disciplines semblent s'opérer, on ne peut pas encore parler de pluridisciplinarité dans ce domaine, du moins au regard des phénomènes concernés ici. Rares sont les recherches ayant mobilisé des équipes réellement pluridisciplinaires pour évaluer tous les aspects de la vulnérabilité, donc dans le cadre d'approches systémiques. En France deux recherches retiennent cependant notre attention sur ce plan : le projet « Gémitis Nice » du BRGM (Lutoff, 2000) qui a mobilisé des sismologues, des géologues, des architectes, des géographes et des sociologues et le retour d'expérience sur le cyclone « Lenny » aux Antilles (projet EPR) qui a fait appel à une équipe de climatologues, de géographes, de sociopsychologues et de spécialistes de secours d'urgence (Sarant et al., 2003).

Précisons que les historiens semblent depuis peu s'intéresser aux vulnérabilités sociales et même à la caractérisation de l'endommagement, ce qui aura pour effet d'améliorer les bases de données historiques dont l'élaboration a longtemps été confiée à des non spécialistes des sciences historiques

avec toute les erreurs d'interprétation que cela a pu entraîner. Pour la France, nous pouvons citer les thèses récentes de Quenet (2005), qui porte notamment sur le séisme de Manosque de 1708, de Cœur (2003) concernant les inondations historiques de la plaine de Grenoble, et d'Ursulet (1990) qui traite le cas de la catastrophe de 1902 à la Martinique (Montagne Pelée).

Par ailleurs quelques spécialistes de la santé, étrangers (américains, anglais et japonais), se sont spécialisés dans les dommages corporels après séismes (Peek-Asa, 2000 ; Mahue-Giangreco, 2001 ; Roces, 1992), après éruptions volcaniques (Baxter & Gresham, 1997 ; Ng Walali et al., 1999) ou inondations (Jonkman & al. 2002). Ces spécialisations ne semblent pas exister en France dans le milieu universitaire hormis pour la canicule (Besancenot, 2002).

Les effets psychologiques et sanitaires des inondations ont été largement étudiés par le FHRC. Le FHRC a mis en place une veille des conséquences psychologiques et sanitaires des inondations depuis les années 1980. Le programme de recherche conjoint DEFRA/FHRC a établi une grille d'évaluation du risque inondation où les critères de vulnérabilité et d'exposition sont clairement définis et tiennent une bonne place à côté de l'aléa. Les études sur les conséquences des inondations sur la santé sont innombrables. Les recherches du *Flood Hazard Research Center* font autorité en la matière (Green, 1988 ; Bromet & Dew, 1995).

#### 1.4 Une synthèse des différentes approches d'évaluation de la vulnérabilité

À la lumière de ce premier dépouillement bibliographique, on peut proposer une lecture nouvelle de ce concept et de son évaluation en discernant deux grandes approches complémentaires : rétrospective et prospective (figure 1 p. 18). L'approche rétrospective s'inscrit dans le cadre de retours d'expérience tandis que l'approche prospective est inhérente aux procédures d'évaluation des risques encourus. La première approche nourrit ainsi directement la seconde lors de la conduite de diagnostics de vulnérabilité, eux-mêmes utiles à la mise en œuvre de scénarios (ou simulations) d'endommagement, de pertes ou de gestion de crise.

Pour chacune de ces deux grandes approches, qui nous renseignent respectivement sur l'endommagement déclaré et potentiel, il apparaît que la vulnérabilité peut être évaluée, de manière quantitative ou qualitative :

- soit à travers la sensibilité à l'endommagement ;
- soit à travers la caractérisation de l'endommagement ;
- soit à travers la capacité de réponse à l'endommagement.

L'évaluation de la sensibilité à l'endommagement repose généralement sur l'analyse de facteurs intrinsèques ou extrinsèques à l'élément vulnérable et qui peuvent agir soit directement, soit indirectement. Ces facteurs constituent des causes de vulnérabilité pouvant être quantifiées au moyen d'indicateurs (socio-économiques par exemple) ou bien ap-

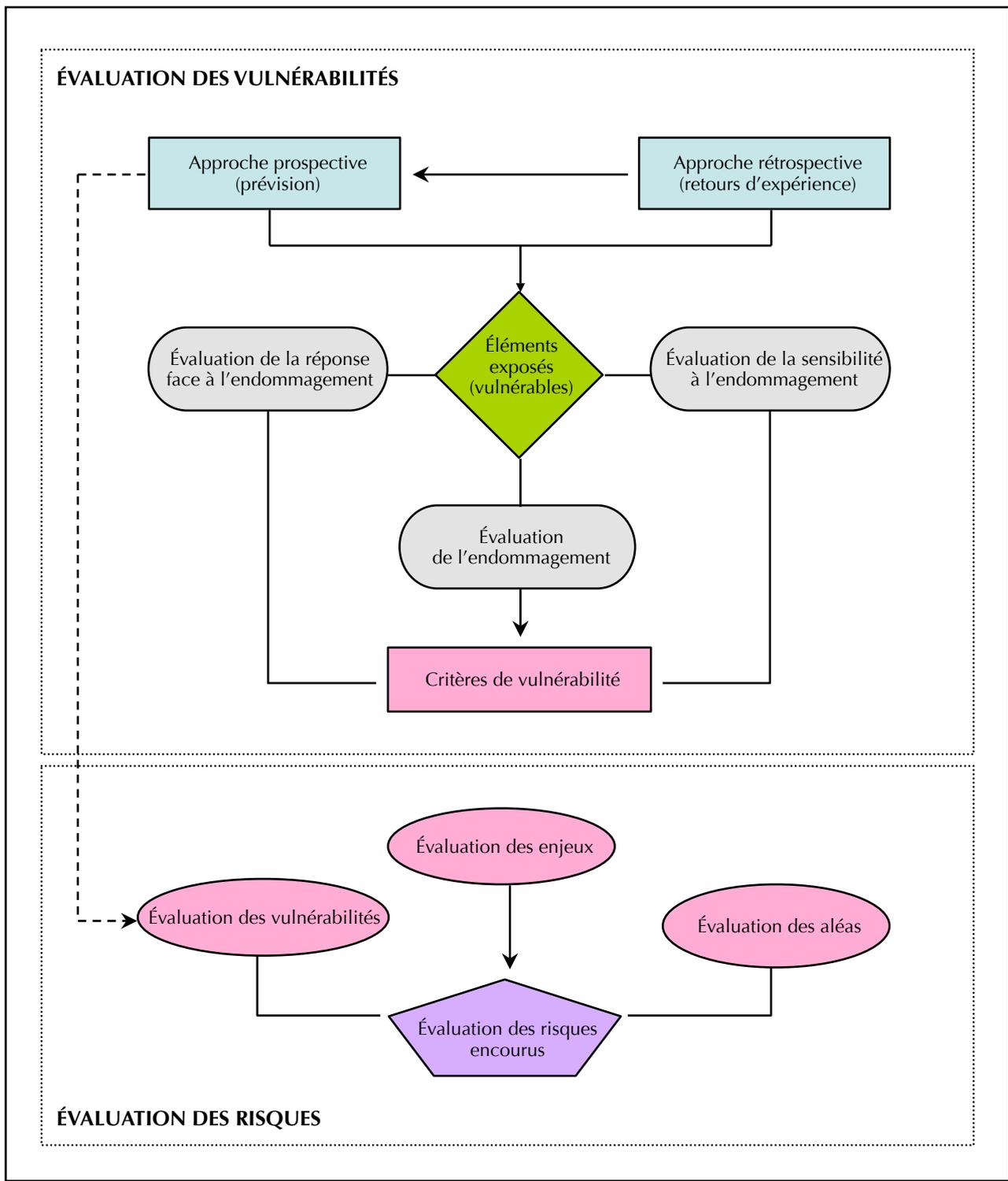
préciés qualitativement par le biais de diagnostics et d'enquêtes, puis éventuellement pondérés. Cette approche s'inscrit le plus souvent dans une démarche d'évaluation des risques, donc prospective (en cartographie des risques par exemple).

La caractérisation de l'endommagement se traduit par une appréciation des dommages. C'est l'objet même des constats d'endommagement qui peuvent prendre l'aspect de simples descriptions ou bien de quantifications poussées (bilans). Dans le cadre des approches prospectives (scénarios), la caractérisation de l'endommagement revêt un caractère le plus souvent quantitatif de mesure et de prévision des dommages ou des pertes potentielles. La vulnérabilité y est alors exprimée :

- ▷ soit par un taux (coefficient) d'endommagement potentiel (0-1) renvoyant à une échelle d'intensité des dommages (échelles de vulnérabilité) et qui est calculé par rapport à la valeur économique de remplacement (vénales) de l'élément exposé (fonction d'endommagement ou de vulnérabilité). Chaque taux est en général accompagné d'une description des modalités d'endommagement. (Ex. : un taux d'endommagement de 0,1 correspond à un montant économique des dommages équivalent à 10 % de la valeur marchande d'une habitation donnée. Cela peut correspondre à des dégâts structurels légers).
- ▷ soit par un taux de pertes potentielles et relatives (0-100 %) s'appliquant à un stock d'éléments exposés de même nature susceptible d'être affectés par un même taux d'endommagement potentiel (fonction de pertes). (Ex. : un taux de pertes de 20 % correspond à la proportion du bâti concerné par un taux d'endommagement donné).

Le risque correspond alors à l'espérance mathématique du dommage ou des pertes (suivant le type de taux retenu) et son expression analytique est basée sur le produit de la composante temporelle de l'aléa (probabilité d'occurrence), des valeurs des enjeux et de la mesure de leur vulnérabilité (les taux en question). Il va de soi que ces taux d'endommagement ou de pertes dépendent de la nature des éléments exposés (leur résistance ou leur résilience) et de la magnitude des phénomènes naturels impliqués (de leurs effets). Ils sont donnés dans le meilleur des cas par des fonctions dites d'endommagement (de vulnérabilité) ou de pertes (Leone, 1996).

L'évaluation de la capacité de réponse face à l'endommagement passe généralement par l'analyse de l'efficacité des actions et moyens mis en œuvre pour réduire les dommages. Elle s'inscrit donc plutôt dans le cadre de retours d'expérience et est particulièrement adaptée à l'analyse des systèmes et des organisations (institutions) en intégrant à la fois les facteurs aggravant et ceux au contraire limitant la vulnérabilité (analyses de type forces/faiblesses d'un système). On peut cependant chercher à évaluer la capacité de



	Rétrospective (déclaré)	Prospective (potentiel)
Sensibilité à l'endommagement	<i>Constats d'endommagement</i>	<i>Diagnostics de vulnérabilité</i>
Réponse à l'endommagement		<i>Scénarii de gestion de crise</i>
Caractérisation de l'endommagement		<i>Scénarii d'endommagement</i>
	<i>Retours d'expérience</i>	

Fig. 1.1 Synthèse graphique des différentes approches d'évaluation des vulnérabilités

réponse future d'un système dans le cadre de scénarios de gestion de crise basés sur un diagnostic (approche prospective dans ce cas-là).

Pour simplifier, on peut établir des correspondances entre ces combinaisons d'approches et les termes usuels s'y rapprochant (figure 1 p. 18) : constats d'endommagement, diagnostics de vulnérabilité et scénarii d'endommagement et de gestion de crise, quitte à perdre une certaine information sur la diversité des approches entrant notamment au niveau des constats d'endommagement. Constats d'endommagement qui peuvent prendre l'aspect ou l'intitulé de constats pathologiques, de retours d'expériences, d'analyses épidémiologiques, voire d'autopsies suivant les éléments vulnérables étudiés et les disciplines mobilisées (ingénierie, sociologie, médecine...).

### 1.5 La disponibilité des approches d'évaluation des vulnérabilités

Un des objectifs de ce travail a été d'arriver à apprécier la disponibilité des différentes approches et méthodes d'évaluation des vulnérabilités aux menaces naturelles, dans un souci de transferts d'expériences mais aussi pour mieux cerner les axes de recherche à développer dans le futur sur ces questions. Pour cela nous avons fait le choix d'une représentation synoptique en nous appuyant sur quatre niveaux de disponibilité pour 5 familles d'aléas (sismique, volcanique, mouvements de terrain, vents forts et inondations), en nous intéressant à chaque grande approche d'évaluation (constats, diagnostics, scénarii) et ce pour 8 types différents de vulnérabilités suivant les enjeux considérés (sociale, corporelle, institutionnelle, structurale (bâti et réseaux), fonctionnelle (réseaux), économique (activités diverses et systémique (système urbain)). Le tout est présenté dans le tableau 2 p. 20. Les niveaux et critères de disponibilité retenus sont les suivants :

1. Disponibilité opérationnelle : cela concerne les approches bien rôdées pour lesquelles existent des méthodes d'évaluation standardisées et généralement assistées par des outils pouvant même être commercialisés (logiciels et bases de données). Par définition elles sont reproductibles.
2. Disponibilité sub-opérationnelle : cela concerne des approches non standardisées mais bien décrites et généralisées avec un protocole méthodologique reproductible.
3. Disponibilité non-opérationnelle : cela concerne des approches en cours de développement/recherche, souvent inédites, mais qui devraient déboucher sur des applications futures et/ou sur des protocoles méthodologiques reproductibles.
4. Pas de disponibilité : cela concerne les approches non-identifiées dans le cadre de cette étude ou bien non-disponibles pour le moment faute de travaux engagés.

Pour chaque cellule du tableau nous avons porté, soit la

référence de la méthode suivie, si celle-ci est standardisée (méthode opérationnelle), soit la référence de travaux importants, voire exemplaires pour les niveaux de disponibilité inférieurs. Les références étrangères apparaissent en noir tandis que les références françaises sont en blanc.

Cette analyse, dans son état actuel, permet de tirer le bilan général suivant :

- C'est pour la sismicité que l'on dispose le plus de méthodes opérationnelles ou quasi-opérationnelles. Cela est précisément le cas pour l'aide à l'élaboration de scénarii d'endommagement, pour la conduite de diagnostics de vulnérabilité structurale du bâti sur lesquels reposent ces scénarii, ainsi que pour les constats pathologiques du bâti après séismes. C'est pour le volcanisme et les mouvements de terrain que l'on dispose le moins de méthodes opérationnelles. Cela est dû, d'une part à la complexité et à la diversité des ces phénomènes pour lesquels il est très difficile de modéliser le potentiel d'endommagement (magnitude et taux d'endommagement), et d'autre part — ce qui en est une cause principale — à l'insuffisance de retours d'expériences sur des catastrophes liées à de tels phénomènes.
- De façon générale, le champ de recherche le plus investi semble celui des vulnérabilités structurales et en particulier du bâti ; le moins investi, celui des vulnérabilités institutionnelles. Ce dernier est pourtant très investi dans le cadre des risques technologiques (Lagadec P., 1995). Par contre, les vulnérabilités sociales font de plus en plus l'objet de recherches, souvent conduites par des géographes et quelques sociologues, notamment pour le volcanisme et les inondations, mais beaucoup moins pour la sismicité.
- Les approches les plus développées et généralisées sont les constats d'endommagement et autres retours d'expérience, notamment pour la sismicité et les inondations et probablement pour les vents forts même si nous manquons de références sur la question.
- Les méthodes d'élaboration de scénarii d'endommagement sont très au point pour les séismes, beaucoup moins pour les mouvements de terrain et encore moins pour le volcanisme qui n'a pour l'instant jamais fait l'objet d'une recherche universitaire de fond sur la question.
- Les approches systémiques (système urbain) sont très peu courantes, ce qui peut s'expliquer par l'important travail collectif et pluridisciplinaire et donc le coût important de telles recherches. Les approches systémiques sont plus souvent conduites dans le cadre d'évaluations globales de la vulnérabilité (Chardon, 1994) ou du risque (Hardy, 2003).
- Les scénarii de gestion de crise, en prenant notamment en compte les capacités de réponse et les comportements potentiels des acteurs institutionnels, des populations et des médias mais aussi les dommages et dysfonctionnements — ce qui nécessite là encore une approche systémique mettant en œuvre des simulacres (mise en situation des acteurs) — semblent quasi-inexistants pour les

Tableau 1.2 Niveaux de disponibilité des différentes approches d'évaluation de la vulnérabilité aux menaces naturelles. Les références des travaux représentatifs en France sont en blanc et ceux étrangers en noir. L'échelle de disponibilité est exprimée par un code de couleur (modifié d'après Leone, 2003)

Sismicité	Population		Institutions Institutionnelle	Bâtiments Structurale		Réseaux		Activités Économique	Système urbain Systémique
	Sociale	Corporelle		Structurale	Structurelle	Structurelle	Économique		
Constat d'endommagement	Colbeau-Justin & de Vanssay, 1996 — Leone & Mavoungou, 2000	Mahue-Giangreco et al., 2001	Colbeau-Justin & de Vanssay, 1996	ATC-20 — APPS	Hassani & Takada, 1995	Chang, 1996	Mazzocchi & Montini, 2002	Ménoni, 2001	
Diagnostic de vulnérabilité	Mavoungou, en préparation	?	?	HAZUS — ATC-88 — Gémitis	Durville & Meneroud, 1987	?	Gémitis-Nice	Gémitis-Nice (Lutroff, 2000)	
Scénarii	?	HAZUS — Coburn et al., 1992	?	HAZUS — ATC-85 — Gémitis	HAZUS — ATC-91	HAZUS	HAZUS	Gémitis-Nice	
<b>Volcanisme</b>	Population								
	Sociale	Corporelle	Institutions Institutionnelle	Bâtiments Structurale	Structurelle	Réseaux	Activités Économique	Système urbain Systémique	
Constat d'endommagement	de Vanssay & Colbeau-Justin, 2000	Baxter et al., 1997	Leone & Gaillard, 1999 — Voight, 1990	Spence et al., 1996	?	D'Ercole & Metzger, 2000	Gaillard, 2001	D'Ercole & Metzger, 2000	
Diagnostic de vulnérabilité	D'Ercole, 1991 — Dibben & Chester, 1999	?	Lesales, 2005	Pomonis et al., 1999	?	?	?	D'Ercole & Metzger, 2004	
Scénarii	?	Baxter et al., 1998	?	Leone, 2004 — Pomonis et al., 1999	Stieljes & Mirgon, 1998	?	?	Gomez-Fernandez, 2000	
<b>Mouvements de terrain</b>	Population								
	Sociale	Corporelle	Institutions Institutionnelle	Bâtiments Structurale	Structurelle	Réseaux	Activités Économique	Système urbain Systémique	
Constat d'endommagement	Leone, 1996	?	?	Alexander, 1988 — Leone, 1996	Leone, 1996	Leone, 1996	Leone, 1996	?	
Diagnostic de vulnérabilité	Cospar, en préparation	?	Cospar, en préparation	Hulbergem & Carree, 1987	Leone, 1996 — Panizza et al., 2002	Leone, 1996	Mora, 1992	Finlay, 1996 Mora, 1992	
Scénarii	?	Finlay, 1996 — Leone, 1996	?	Leone, 1996 — Leone, 1996	Leone, 1996	Leone, 1996	Mora, 1992	?	
<b>Vents forts (Cyclones et tempêtes)</b>	Population								
	Sociale	Corporelle	Institutions Institutionnelle	Bâtiments Structurale	Structurelle	Réseaux	Activités Économique	Système urbain Systémique	
Constat d'endommagement	Sarant et al., 2003	?	Sarant et al., 2003	Hamparian, 1999	?	?	?	?	
Diagnostic de vulnérabilité	Pagny & Suedois, 1999	?	Sarant et al., 2003	Bonfanti, 2004 — HAZUS	?	?	?	?	
Scénarii	?	?	?	Khanduri & Morrow, 2003 — HAZUS	?	?	Khanduri & Morrow, 2003 — HAZUS	?	
<b>Inondations</b>	Population								
	Sociale	Corporelle	Institutions Institutionnelle	Bâtiments Structurale	Structurelle	Réseaux	Activités Économique	Système urbain Systémique	
Constat d'endommagement	?	Jonkman et al., 2002	?	KeIman & Spence (2004)	?	?	Torterot, 1993	NRC, 1999	
Diagnostic de vulnérabilité	DEFRA/FHRC, 2003	DEFRA/FHRC, 2003	Green, 1988	Lagadee, 1995	?	?	Ledoux & Sageris, 1999 Barbut et al., 2004	Harty, 2003	
Scénarii	?	Ruin & Lutroff, 2004	Gilbert & Bourdeaux, 1999 Lagadee, 1995	HAZUS	?	?	HAZUS	Liu Ranyi & Liu Nan (2002) Islam (1997)	

■ Disponibilité opérationnelle (approche standardisée et reproductible)  
■ Disponibilité sub-opérationnelle (approche non-standardisée mais reproductible)  
■ Disponibilité non opérationnelle (approche en phase de développement/recherche)  
 Non disponible ou pas de références identifiées (?)

phénomènes retenus dans cette étude. Cependant, les travaux menés dans le cadre du programme Gémitis Nice et surtout ceux menés sur la ville de Quito par l'IRD ou bien sur les Antilles dans le cadre du retour d'expérience sur le cyclone Lenny, permettent de préparer de telles applications.

## 1.6 Conclusion

À l'issue de ce bilan, il apparaît un savoir faire français relativement accompli dans le domaine du risque sismique pour la mise au point de scénarii de pertes ou de dysfonctionnement urbains. De la même manière, le champ de la vulnérabilité sociale et institutionnelle est assez bien couvert, notamment pour le volcanisme et les inondations, par les géographes français. Cependant, il apparaît à l'examen des nombreux scénarii de risque étudiés, que la notion de vulnérabilité est trop souvent réduite à la seule prise en compte des enjeux, faute de connaissances suffisantes sur l'interaction élément exposé/phénomène. Cela est particulièrement vrai pour le volcanisme, les mouvements de terrain ou les inondations. Pour ces phénomènes, il apparaît donc important de généraliser les retours d'expérience, à l'instar de ce qui se fait depuis une trentaine d'années pour le sismique, de manière à définir des fonctions de vulnérabilité plus fiables, et donc des scénarii d'endommagement plus réalistes.

D'une façon générale, les analyses de risque pâtissent encore trop d'un manque de partage de savoirs faire, d'expériences et de méthodes concernant l'évaluation des vulnérabilités, d'où la nécessité de dresser un bilan de ces dernières et de leur degré de disponibilité. Les atouts d'une évaluation intégrée des risques combinant à la fois une analyse des aléas et de leurs effets potentiels, des enjeux présents, de leur valeur et de leur vulnérabilité, sont importants. Ils le sont d'un point de vue de la recherche en recourant nécessairement à des approches pluridisciplinaires, et d'un point de vue opérationnel en répondant au plus près des objectifs actuels des stratégies nationales et internationales de prévention des risques naturels, à savoir la réduction des vulnérabilités.

L'identification des vulnérabilités doit participer à l'affichage du risque au même titre que l'aléa. Cependant, deux écueils limitent la diffusion des diagnostics de vulnérabilité territoriale : d'une part les limites de la modélisation dès que l'on franchit le seuil de la seule vulnérabilité structurelle, d'autre part l'applicabilité des mesures préconisées. Augendre montre dans ce volume qu'une identification trop précise des vulnérabilités et une délimitation trop précise des risques restent lettre morte dans des contextes de forte pression anthropique (Japon).

Ce dernier point est fondamental car dans beaucoup de cas, ce n'est pas de recherche ni de méthodologies d'évaluation dont on manque mais de volonté politique de prendre en compte la vulnérabilité comme un paramètre essentiel du risque et de faire de sa réduction un levier essentiel de la prévention des risques.

## 1.7 Bibliographie

- ADGER W. N., KELLY P.M. (1999) — Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements — *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4 (3-4), p. 253-266.
- ALEXANDER D.E. (1988) — Developing a Landslide Damage Scale : the lessons of the Great Ancona Landslide of 1982 — *Ground Failure*, N° 4, 4 p.
- Applied Technology Council (ATC) (1985) — Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13) — Redwood City, California, Applied Technology Council.
- Applied Technology Council (ATC) (1988) — Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards : a handbook — ATC-21, Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (1991) — Seismic vulnerability and impact of the disruption of lifelines in the coterminous United States — Redwood City, CA, Report ATC-25.
- AVRAMIDOU N., (2003) — Vulnerability of cultural heritage to hazards and prevention measures — Federation of the international centers for the rehabilitation of architectural heritage (CICOP), University of Florence, Florence, 21 p.
- BARBUT L., BAUDUCEAU N., DEVAUX ROS C. (2004) — Vers une évaluation de la vulnérabilité des activités agricoles aux Inondations — *Ingénieries*, n° 39, p. 29-41.
- BAXTER P. J., NERI A., TODESCO M. (1998) — Physical Modelling and Human Survival in Pyroclastic Flows — *Natural Hazards*, 17 (2), p. 163-176.
- BAXTER P. J., GRESHAM A. (1997) — Deaths and injuries in the eruption of the Galeras volcano, Colombia, 14 January 1993 — *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, No. 77, p. 325-338.
- BESANCENOT J. P., (2002) — Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines — *Environnement, Risques et Santé*, Paris, vol. I, n° 4, p. 229-240.
- BONFANTI G. (2004) — L'habitat et les cyclones tropicaux : analyses comparées en région Caraïbe d'un indicateur de la vulnérabilité urbaine — Thèse de doctorat, Géographie, Université de Rennes II, 390 p.
- BONNET J. (2005) — Risques urbains et sociétaux : la vulnérabilité des grandes villes — in : *La géographie des risques dans le monde*, dir. G. Wackermann, Ellipses, Paris, p. 421-441
- BROMET E., DEW M. A. (1995) — Review of psychiatric epidemiologic research on disasters — *Epidemiologic Reviews*, 17(1), p. 113-119.
- BRUNET R., FERRAS R., THÉRY H. (1993) — *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique* — Éditions Reclus, La Documentation Française, Paris, 520 p.
- BRUNO Ledoux Consultant (1995) — Bilan de mise en œuvre des méthodologies d'élaboration des études de vulnérabilité dans le cadre des PER (1984-1994). Éléments de réflexion pour l'élaboration des PPR — Rapport pour le compte du MEDD, Paris.

- BRUNO Ledoux Consultant, Sageris (2001) — Guide pour la conduite des diagnostics des vulnérabilités aux inondations pour les entreprises industrielles — Rapport, MATE, Équipe Plan Loire, 138 p.
- CHANG S.E. (1996) — Economic impact of lifeline disruption in the 17 January 1995 Hansin-Awaji earthquake — Proceedings of the Sixth US National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, Washington, paper No. 70.
- CHARDON A.C. (1996) — Croissance urbaine et risques « naturels » : évaluation de la vulnérabilité à Manizales, Andes de Colombie — Thèse de doctorat, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- CLARK G. E., MOSER S. C., RATICK S. J., DOW K., MEYER W. B., EMANI S., JIN W., KASPERSON J. X., KASPERSON R. K., SCHWARZ H. E. (1998) — Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms : The Case of Revere, MA., USA — Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 3 (1), p. 59-82.
- CŒUR D. (2003) — La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVII<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles) : enjeux techniques, politiques et urbains — Thèse de doctorat, Université Grenoble II et Institut d'Urbanisme de Grenoble.
- COLBEAU-JUSTIN L., de VANSAY B. (1996) — Analyse psychosociale d'une situation de crise limitée : le cas du séisme niçois d'avril 1995 — Orléans, Comité français pour la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles — BRGM.
- CORBURN, A. W., SPENCE R. J. S., POMONIS A. (1992) — Factors determining human casualty levels in earthquakes : mortality prediction in building collapse — Proceedings of the 10th World Conference on Earthquake Engineering, Madrid, July 1992, A. A. Balkema, Rotterdam, p. 5989-5994.
- COSPAR O. (en préparation) — La vulnérabilité des populations exposées aux mouvements de terrain aux Antilles — Thèse de doctorat, Département de Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, Martinique.
- D.E.F.R.A. (2003) — Flood risk to people : phase 1, London, 123 p.
- D'ERCOLE R. (1991) — Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Équateur) — Thèse de doctorat, spécialité Géographie-Aménagement, Université Joseph Fourier, Grenoble, 459 p.
- D'ERCOLE R., MARTIN Ch., RANÇON J. Ph. (1993) — Programme DIPCN/Antilles-Caraïbes. Préparation à la gestion des situations de crise : application aux collèges de Martinique. Dernière phase — Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, rapport BRGM R37849, décembre 1993, 194 p. + 6 plaquettes d'information.
- D'ERCOLE R. (1994) — Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse — *Revue de Géographie Alpine*, N° 4, Tome LXXXII, p. 87-96.
- D'ERCOLE R. (1996a) — De l'évaluation à la gestion des risques : la vulnérabilité en question — *Pangea* (Revue du CIFEG, Orléans), n° 25, p. 5-12.
- D'ERCOLE (1996b) — La catastrophe et son impact a moyen terme : l'exemple de Popayan (Colombie), dix ans après le séisme du 31 mars 1983 — *Cahiers des Sciences Humaines*, 96-2, p. 445-470.
- D'ERCOLE R. et al. (1997) — Diagnostic préalable aux plans d'action DIPECHO en Amérique Centrale et dans les Caraïbes — Programme ECHO de prévention, d'atténuation et de préparation aux catastrophes, ECHO-CRED-CIFEG, 184 p.
- D'ERCOLE R, PIGEON P. (1999) — L'expertise internationale des risques dits naturels : intérêt géographique — *Annales de Géographie*, n° 608, p. 339-357.
- D'ERCOLE. R., METZGER, P. (2000) — La vulnérabilité de Quito (Équateur) face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise volcanique durable — *Cahiers Savoisiens de Géographie*, n° 1, p. 39-52.
- D'ERCOLE R., METZGER P. (2001) — Différenciations spatiales et sociales, Représentations et Gestion du risque volcanique à Quito — Actes du colloque international « Risques et territoires », Atelier 3, ENTPE, Vaulx-en-Velin, p. 237-250.
- D'ERCOLE. R., METZGER, P. (2004) — *La vulnerabilidad del distrito metropolitano de Quito* — IRD & Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 496 p.
- DAUPHINÉ A. (2001) — *Risques et catastrophes* — Éd. Armand Colin, Paris, 288 p.
- DE BLOIS C. J., WIND H.G. (1996) — Assessment of Flood Damages and Benefits of Remedial Actions : « What are the Weak Links ? » ; with Application to the Loire — *Phys. Chem. Earth*, Vol. 20, No. 5-6, p. 491-495.
- DE VANSAY B., COLBEAU-JUSTIN L. (2000) — La construction des dynamiques des résistances à l'évacuation : la Soufrière de Montserrat (1995-1999) — Rapport MATE, Programme Risques Collectifs et Situations de Crise du CNRS, DIPCN.
- D'ERCOLE R. & RANÇON J. Ph. (1999) — Représentation des risques liés à une éruption de la montagne Pelée, Martinique. Confrontation des points de vue des populations proches (Saint-Pierre, Le Prêcheur et Le Morne-Rouge) et des volcanologues — *Terres d'Amérique*, N° 2 : « Les Antilles, Terres à risques », Éditions KARTHALA et GEODE Caraïbe, p. 165-182.
- DEVAUX-ROS C. (1999) — Évaluation des enjeux et des dommages potentiels liés aux inondations de la Loire moyenne — In : Gilles HUBERT et Bruno LEDOUX, Dir. : *Le coût du risque. L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris p. 139-142.
- DIBBEN C., CHESTER D. K. (1999) — Human vulnerability in volcanic environments : the case of Furnas, São Miguel, Azores — *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 92, Issues 1-2, p. 133-150
- DURVILLE J. L., MENEROUD J.P. (1987) — Vulnérabilité aux séismes des itinéraires routiers — *Bulletin de Liaison des*

- Ponts et Chaussées*, N° 150-151, spécial risques naturels, p. 185-193.
- Équipe pluridisciplinaire Plan Loire (2001) — Diagnostic de la vulnérabilité des entreprises face au risque inondation.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1999) HAZUS 99. Earthquake loss estimation methodology : user's manual — Washington D.C.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2000) FEMA 366 : HAZUS99 estimated earthquake losses for the United States, Washington D.C.
- FINLAY P. J. (1996) — The risk assessment of slopes — School of civil Engineering, University of New South Wales, Australia, PhD Thesis.
- GAILLARD J. C. (2001) — Implications territoriales et socio-économiques des crises et des réponses liées à l'éruption et aux lahars du Mt Pinatubo (Philippines), 1991-2001 — Thèse de Doctorat, Université de Savoie, 540 p.
- GAILLARD J.C., D'ERCOLE R., LEONE F. (2001) — Cartography of population vulnerability to volcanic hazards an lahars of Mount Pinatubo (Philippines) : a case study in Pasig-Potrero River basin (province of Pampanga) — *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, No 3, p. 209-222.
- GENDREAU N. (1999) — L'évaluation de la vulnérabilité et des enjeux : la méthode Inondabilité — In : Ledoux et Hubert, Dir. : *Le coût du risque. L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris p. 123-127.
- GILBERT C. (1992) — Le pouvoir en situation extrême : catastrophe et politique — Éd. L'Harmattan. Paris.
- GILBERT C. (1999) — Premiers éléments de réflexions pour une approche transversale du retour d'expérience, *Annales des Ponts et Chaussées*, n° 91, p. 4-10.
- GILBERT C., BOURDEAUX I. (1999) — Procédures de retour d'expérience, d'apprentissages et de vigilances organisationnels — Rapport de fin d'opération structurante de recherche, 308 p.
- GOMEZ-FERNANDEZ F. (2000) — Contribution of Geographical Systems to the Management of Volcanic Crises — *Natural hazards*, No. 21, p. 347-360.
- GREEN, C. H. (1988) — The Relationships Between the Magnitude of Flooding, Stress and Health — Flood Hazard Research Centre Middlesex University, Enfield.
- HAMPARIAN R. (1999) — L'Ouragan Hugo sur la Guadeloupe : les enseignements d'une cartographie des effets locaux — *Terres d'Amérique*, n° 2, Éditions Karthala et Géode-Caraïbe, Paris, p. 19-40.
- HARDY S. (2003) — Processus de fragmentation urbaine et risques dits « naturels » dans la ville de Managua (Nicaragua) — Thèse de doctorat en géographie, EHESS, 416 p.
- HASSANI N, TAKADA S. (1995) — Lifelines performance and damage during 17 Jan. 1995, South Hyogo Great Earthquake — In : Proceedings of the first Iran-Japan Workshop on Recent Earthquakes in Iran and Japan, Iran, 1995, p. 1809-1821.
- HAWLICK S. W. (1996) — Third world cities at risk : building for calamity — New York, *Environment*, n° 28
- HEROLD-REVAZ A., DULEX PUTALLAZ S., BRIDEL L. (1998) — Représentation du risque d'avalanches et comportements sociaux dans deux communes valaisannes — In : Rapport de travail PNR 31, 228 p., 62 fig. et photos — Vdf Hochschulverlag, EPF Zurich, Suisse.
- HUBERT G., RELIANT C., LEDOUX B. (2001) — La place et le rôle des approches socio-économiques dans la politique réglementaire de prévention des risques d'inondation — Rapport RIO II, Ministère de l'Environnement.
- HULSBURG J. G., CARREE G. J. (1987) — A method for estimating damage to buildings in subsiding areas — In : Proceedings European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Dublin, Vol. 2, p. 699-702.
- ISLAM, K. M. N., (1997) — The Impacts of Flooding and Methods of Assessment in Urban Areas of Bangladesh — Ph.D. thesis, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, UK.
- JONKMAN S. N., Van GELDER P., VRIJLING (2002) — Loss of life models for sea and river floods — In : Wu et al., (Eds.), *Flood Defence 2002*, New York : Science Press, p. 196-206.
- KELMAN, I., SPENCE R. (2002) — Vulnerabilities of Residential Buildings in England to the Physical Forces Imposed by Floods — *Geophysical Research Abstracts*, vol. 4, session NH5 Natural Hazards Impact on Urban Areas and Infrastructure at the 27th General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 21-26 April 2002.
- KELMAN I., SPENCE R. (2004) — An overview of flood actions on buildings — *Engineering Geology*, 73. p. 297-309.
- KHANDURI A. C., MORROW G. C. (2003) — Vulnerability of buildings to windstorms and insurance loss estimation — *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Volume 91, Issue 4, p. 455-467.
- KING D. (2001) — Uses and Limitations of Socioeconomic Indicators of Community Vulnerability to Natural Hazards : Data and Disasters in Northern Australia — *Natural Hazards*, 24 (2), p. 147-156.
- KLEIN Richard J. T., NICHOLLS Robert J., THOMALLA F. (2003) — Resilience to natural hazards : how useful is this concept ? — *Environmental Hazards*, 5, p. 35-45.
- LAFORGE C, THOURET J. C. (1991) — Contribution à la méthode d'évaluation des risques dans les villes des PVD (Ibague, Colombie) — Bulletin de l'Association des Géographes Français, pp. .
- LAGADEC P. (1995) — Les dirigeants et les crises : nouvelles cultures, nouveaux outils, pour un nouveau champ de responsabilité — Paris, Administration n° 166.
- LAVIGNE F. (1999) — SIG et zonage des risques volcaniques : application au volcan Merapi, Java, Indonésie — *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, p. 371-382.
- LEDOUX B. & HUBERT G. dir. (1999) — *Le coût du risque. L'évaluation des impacts socio-économiques des inonda-*

- tions — Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 232 p.
- LEDOUX B. & SAGERIS (1999) — Guide de la conduite des diagnostics des vulnérabilités aux inondations pour les entreprises industrielles, MATE, 126 p.
- LEONE F. (1996) — Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain — Thèse de doctorat nouveau régime, spécialité géographie, Université J. Fourier, Grenoble, publiée dans les Documents du BRGM, N° 250, Éditions du BRGM, Orléans, 286 p.
- LEONE F., GAILLARD J. C. (1999) — Analysis of the institutional and social responses to the eruption and the lahars of Mount Pinatubo volcano from 1991 to 1998 (Central Luzon, Philippines) — *Geojournal*, N° 49, p. 223-238.
- LEONE F., MAVOUNGO J. (2000) — Séisme du 8 juin 1999. Martinique. Résultats de l'enquête post-sismique sur les personnes se trouvant à l'intérieur des bâtiments — in : [www.prevention2000.org](http://www.prevention2000.org), 39 diapositives.
- LEONE F. (2003) — Les travaux de recherche portant sur l'évaluation de la vulnérabilité aux menaces naturelles. État de l'art et disponibilité opérationnelle (hors inondations) — Partie I d'un rapport établi pour le compte de la DRAST, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Paris, 20 pages + Annexes.
- LEONE F. (2004) — Une approche quantitative de la cartographie des risques naturels : application expérimentale au patrimoine bâti de la Martinique (Antilles françaises) — *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, N° 2, p. 117-124.
- LESALES T. (1996) — Une petite île des Antilles face à une crise volcanique sans précédent — Rapport de mission à Montserrat (British West-Indies), CIFEG, Orléans, 50 p. + Ann.
- LESALES T. (2005) — La vulnérabilité des sociétés exposées aux risques volcaniques, le cas des Petites Antilles — Thèse de doctorat, Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, 370 p.
- LONGHURST R. (1995) — The assessment of community vulnerability in hazard prone areas, the Royal Society, London, 31 March 1995 — *Disasters*, Volume 19, Issue 3, p. 269-270
- LUTOFF C. (2000) — Le système urbain niçois face à un séisme. Analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels — Thèse de doctorat de l'Université de Savoie, 382 p.
- MAHUE-GIANGRECO M., WENDY Mack, SELIGSON H., BOURQUE L. B. (2001) — Risk Factors Associated with Moderate and Serious Injuries Attributable to the 1994 Northridge Earthquake, Los Angeles, California — *Annals of Epidemiology*, No. 11, p. 347-357.
- MAVOUGO J. (en préparation) — La vulnérabilité des populations exposées à la menace sismique aux Antilles — Thèse de doctorat, Département de Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, Martinique.
- MAVOUGO J. (2000) — La comportement des Martiniquais face à la construction et au risque sismique — Rapport, Service Équipement des collectivités et qualité de l'ingénierie publique, DDE Martinique, 49 p.
- MAZZOCCHI M., MONTINI A. (2001) — Earthquake effects on Tourism in Central Italy — *Annals of Tourism Research*, No. 4, p. 1031-1046.
- MENONI S. (2001) — Chains of damages and failures in a metropolitan environment : some observations on the Kobe earthquake in 1995 — *Journal of Hazardous Materials*, Volume 86, Issues 1-3, p. 101-119.
- MITCHELL J. K. (1999) — Crucibles of Hazard : Mega-cities and disasters in transition Tokyo — United Nation University Press.
- MORA S. (1992) — Analisis preliminar de la vulnerabilidad economica de la ciudad de Cartago. A causa de los efectos de una avalancha que transite por el rio Reventado. Costa Rica — Actes Colloque Bogota, p. 571-592.
- N'JAI, A., TAPSELL, S. M., TAYLOR, D., THOMPSON, P. M., WITTS, R. C., 1990. (1990) — Flood Loss Assessment Information Report — Middlesex Polytechnic Flood Hazard Research Centre, London, December.
- NG'WALALI P. M., KOREEDA A., KIBAYASHI K., TSUNENARI S. (1999) — Fatalities by inhalation of volcanic gas at Mt Aso Crater in Kumamoto, Japan — *Legal Medicine*, No. 1, p. 180-185.
- NRC (National Research Council) (1999) — *The Impacts of Natural Disasters : A Framework for Loss Estimation* — National Academy Press, Washington, DC.
- PAGNEY F., SUÉDOIS J. (1999) — Connaissances et perceptions du risque cyclonique en contexte micro insulaire (Terre de Haut des Saintes) — *Terres d'Amérique*, n° 2, Editions Karthala et Géode-Caraïbe, p. 61-80.
- PANIZZA M., CORSINI A., MARCHETTI M., PASUTO A., SILVANO S., SOLDATI M. (2002) — Landslide risk mapping in Italy : an example of pilot study for a municipality of South Tyrol — Actes du colloque international « Risques naturels et aménagement en Europe », 22-25 octobre 2002, Paris, p. 25-28.
- PEEK-ASA C., RAMIREZ M. R., SHOAF K., SELIGSON H., KRAUS J. F. (2000) — GIS mapping of earthquake related deaths and hospitals admissions from the 1994 Northridge, California, earthquake — *Annals of Epidemiology*, Vol. 10, No 1, p. 5-13.
- PERETTI-WATEL P. (2001) — *La société du risque* — Repère, La découverte, 124 p.
- PLANAT (2003) — Stratégie « Dangers naturels en Suisse » — Rapport de synthèse. OFEG, Bienne, Suisse, 89 p.
- POMONIS A., SPENCE R., BAXTER P. (1999) — Risk assessment of residential buildings for an eruption of Furnas Volcano, São Miguel, the Azores — *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 92, Issues 1-2, p. 107-131.
- QUENET G. (2005) — Les tremblements de terre aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles. La naissance d'un risque — Seyssel, Champ Vallon, 587 p.
- ROGES M. C., WHITE M. E., DAYRIT M. M., DURKIN M. E.

- (1992) — Risk factors for injuries due to the 1990 earthquake in Luzon, Philippines — *Bull. World Health Orga.*, N° 70, p. 509-514.
- RUIN I., LUTOFF C. (2004) — Vulnérabilité face aux crues rapides et mobilités des populations en temps de crise — *La Houille Blanche*, Publication de la Société Hydrotechnique de France, n° 6.
- SARANT et al. (2003) — Retour d'expérience sur la prise de décision et le jeu des acteurs : le cas du cyclone Lenny dans les Petites Antilles au regard du passé — Rapport final, Programme de recherche EPR, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD).
- SCHOENEICH P., BUSSET-HENCHOZ M. C. (1998) — Les Ormonans et les Leysenouds face aux risques naturels. Représentation des risques naturels et stratégies d'occupation du territoire dans la vallée des Ormonts (Préalpes vaudoises) — in : Rapport final PNR 31, 228 p., 62 fig. et photos, Vdf Hochschulverlag, EPF Zurich, Suisse.
- SPENCE R. J. S., POMONIS A., BAXTER P. J., COBURN A. W., WHITE M., DAYRIT M. and Field Epidemiology Training Program Team (1996) — Building Damage Caused by the Mount Pinatubo Eruption of June 15, 1991 — in : Newhall (C.G.), Punongbayan (R.S.) Eds., *Fire and mud : Eruptions and lahars of Mt Pinatubo, Philippine*, University of Washington Press, Seattle.
- STIELTJES L., Mirgon C. (1998) — Approche méthodologique de la vulnérabilité aux phénomènes volcaniques. Test d'application sur les réseaux de la Martinique — Rapport de synthèse, R 40098, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 218 p.
- THEYS J. (1991) — *Conquête de la sécurité, gestion des risques* — Postface in : Dourlens, Galland, Theys, Vidal-Naquet, L'Harmattan, Paris.
- THOURET J. C. & LEONE F. (2003) — Aléas, vulnérabilités et gestion des risques naturels — in : *Questions de Géographie. Les Risques* — Éditions Du Temps, Paris, p. 37-70.
- TORTEROTOT, J. P., (1993) — Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes — Thèse de l'ENPC-CERGRENE, Noisy-le-Grand.
- URSULET L. (1994) — La destruction de Saint-Pierre par la Montagne Pelée : antécédents et conséquences socio-économiques et politiques sur la vie de la Martinique — Thèse de Doctorat, Université des Antilles-Guyane.
- VOIGHT B. (1990) — The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe : anatomy and retrospection — *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, N° 44, p. 349-386.
- WISNER B. (1998) — Marginality and vulnerability : Why the homeless of Tokyo don't 'count' in disaster preparations — *Applied Geography*, Volume 18, Issue 1, p. 25-33.



## 2 L'efficacité des politiques gérant les risques dits naturels en France : lecture géographique

Patrick PIGEON

Laboratoire EDYTEM (Environnements et dynamiques des territoires de montagne) Université de Savoie Technolac, 73376 Le Bourget-du-Lac CEDEX

patrick.pigeon@univ-savoie.fr

**Résumé.** — Pourquoi le problème de l'efficacité politique concernant la gestion des risques dits naturels se pose-t-il aujourd'hui ? L'article expose des critères qui justifient la question, avant de valider, grâce aux études de cas, le fait que l'impossibilité admise du risque zéro n'induit pas l'inefficacité politique. La question de base est alors transformée. Que signifie l'efficacité nécessairement partielle de toute politique ? En effet, l'action politique tend à transformer, à déplacer les risques gérés, ce qui est, de nouveau, démontrable à partir des études de cas. L'interprétation appelle une lecture systémique, intégrée du risque, évitant une approche trop étroitement spécialisée de ce dernier. Dans ces conditions, la profusion des normes juridiques traduit en partie, mais effectivement, plus une quête d'efficacité maximale que l'inefficacité de l'action politique.

**Mots-clés.** — Évaluation, politique, risque naturel, Haute-Savoie, France.

**Title.** — *Managing natural risks in France : a geographical approach of policies effectiveness*

**Abstract.** — Are policies related to natural risk management ineffective ? In this paper, we investigate criteria which support this question. Yet, acknowledging the impossibility of risk elimination doesn't mean policy incapacity. Relying on field studies, the geographer can prove it. Therefore, the matter becomes : why any policy related to natural risk management is necessarily partially effective ? Field analysis leads to recognize that any policy transforms the risk but doesn't eliminate it. As such, risk management is a desperate but necessary search for the most efficient policy. The profusion of juridical tools involved signifies a quest for effectiveness, not a proof of policy helplessness.

**Key-words.** — assessment, policies, natural risk, Haute-Savoie, France.

### 2.1 Introduction

La multiplication récente des lois consacrées à la gestion des risques dits naturels en France rejoint les préoccupations des philosophes et des spécialistes des sciences politiques sur la thématique de l'efficacité. Certes, les critères permettant de l'évaluer sont multiples. Mais on peut se demander si la profusion juridique, comme celle des études, des expertises, n'avoueraient pas l'impuissance politique face aux risques. Du reste, reconnaître l'impossibilité d'éliminer le risque ne reviendrait-il pas aussi à admettre l'inefficacité politique ? Cet article poursuit un triple objectif. Il vérifie en premier lieu quelques critères qui peuvent laisser croire à une vision pessimiste, celle de l'inefficacité politique. Pourtant, les études de terrain poussent le géographe à démontrer que l'acceptation politique de l'impossible risque zéro ne signifie pas, bien au contraire, l'inefficacité de l'action. Du reste, les peuplements tendent à intégrer de plus en plus explicitement les risques gérés.

On est alors amené à se demander pourquoi l'efficacité politique est-elle nécessairement partielle, pourquoi le risque ne peut être éliminé des peuplements humains. D'où notre troisième objectif, qui fait ressortir l'intérêt d'une lecture transversale et systémique des risques. Le risque dit naturel ne peut être abordé indépendamment d'autres types de risques, ce qui se déduit des expériences de terrain. Et il coévolve avec les mutations intensifiées de peuplement, appelant une indispensable gestion politique. De ce fait, malgré les apparences d'une approche abstraite, cette lecture géographique est en phase avec à une recherche politique et juridique d'efficacité maximale. C'est cette dernière que traduit une partie de la profusion juridique, pourtant partiellement à la base des réflexions sur l'inefficacité politique.

### 2.2 Critères justifiant la question de l'efficacité politique

Les difficultés méthodologiques de l'évaluation politique, la profusion des études et expertises sur les risques dits naturels, celle des lois en France, donnent du crédit à une vision pessimiste, celle de philosophes du politique, quatrième et, ici, dernier critère.

### 2.2.1 L'évaluation politique méthodologiquement délicate mais jugée essentielle

Il existe une bibliographie abondante sur cette thématique, signe que le problème de l'efficacité est aussi épineux que reconnu, et qu'il dépasse largement le champ des risques dits naturels. Les critères d'évaluation justifient des programmes de recherche entiers. Sans pouvoir entrer dans le détail, mentionnons pour nos besoins la recherche de précision que mène, par exemple, Offner (2002). Suivant cet auteur, nous entendons par efficacité le « rapport entre l'impact global et le problème initial », tandis que l'efficience traduit « le rapport entre les moyens affectés et les réalisations ». Zimmermann & Pahl (2002) essaient pareillement de distinguer entre « effectiveness » et « organisational efficiency ». Le besoin de préciser le vocabulaire signifie tant les difficultés que la nécessité, politiquement reconnue, par exemple par la loi sur l'air en France qui entraîne la mise en place des Plans de Déplacement Urbains, de l'évaluation politique (Offner & Pourchez, 2002).

Nous définissons le politique comme toute forme de réponse des sociétés humaines à au moins un problème explicitement identifié, et le risque comme tout type de dommage socialement reconnu susceptible de se reproduire (Pigeon, 2005). Le risque dit naturel est en partie lié à des processus physiques qui peuvent à l'origine être naturels, mais qui sont anthropisés à grande échelle dès lors qu'ils interagissent avec les autres composantes des peuplements humains (Pigeon, 2002). L'interprétation est cohérente avec une lecture plus endogène des risques, les recentrant sur les fonctionnements des sociétés humaines (Beck, 1986), avec lesquelles ils coévoluent partiellement. D'où les trois critères justifiant la question de l'efficacité, qui suivent :

### 2.2.2 La profusion des expertises et des études

Comme le souligne notamment Weichselgartner (2004), plus les risques dits naturels sont étudiés, plus les expertises qui accompagnent l'action politique se multiplient, et plus, néanmoins, les dégâts matériels augmentent. La base de données du CRED, désormais largement utilisée, et qui a été valorisée par la lecture critique de Michellier (1998), le démontre. On constate une tendance aux rétroactions positives entre les études et l'inflation des témoignages de dommages comme des pertes matérielles enregistrées. Elle illustre clairement la réflexivité que développa Beck dès 1986.

La question de l'efficacité politique en ressort avec toujours plus de vigueur, et explicitement. Par exemple, voici le texte qui présente le programme européen ARMONIA (Applied multi risk mapping of natural hazards for impact assessment), actuellement en cours : « It is critically important to **achieve more effective** natural disaster prevention and mitigation. The vulnerability of populated areas to natural disasters is partly a consequence of decades of spatial policies that **failed to take proper account** of hazards and risks in land-use zoning and development decisions ».

En effet, on observe aussi :

### 2.2.3 La profusion des lois sur la gestion des risques dits naturels

Outre les lois Tazieff (1982) et Barnier (1995) mettant en place les PER devenus Plans de Prévention des Risques (P.P.R.), la loi Bachelot (30 juillet 2003) et la loi du 13 août 2004 sur la modernisation de la sécurité civile illustrent la tendance à l'inflation de la norme juridique. L'article 3 de la loi de 2004 semble donner du crédit à l'adage selon lequel trop de droit tue le droit, posant ainsi le problème de l'efficacité politique, si ce n'est celui de l'efficience. On lit en effet : « la politique de sécurité civile doit permettre de s'attaquer résolument aux risques en les anticipant davantage, de renforcer la protection des populations ». La critique implicite des outils de gestion antérieure se traduit par l'apparition d'un nouvel instrument : le plan communal de sauvegarde, obligatoire dès lors qu'une commune est dotée d'un PPR approuvé et opposable aux tiers (article 13, deuxième alinéa). D'où la possibilité de mieux comprendre :

### 2.2.4 Des philosophies de la politique marquées par le pessimisme

Là encore, une bibliographie abondante réfléchit sur la thématique de la crise du politique. Même si les champs investis dépassent largement celui des risques dits naturels, il ne peut méconnaître ce type d'interrogations. On voit ainsi Arendt (1995) se demander si « la politique a encore un sens », tandis que Revault d'Allonnes (1999) souscrit à cette tendance pessimiste. Elle estime, page 153, que « la fondation du corps politique s'enracine dans la fragilité de l'agir humain ».

Ces quatre critères, qui ne sont en rien exhaustifs, semblent très cohérents, et justifient d'autant plus la question de l'efficacité. La « fragilité de l'agir », que nous venons de mentionner, rend utopique le risque zéro, alors que la recherche de ce dernier reste parfois un objectif qu'évoquent certains hommes politiques (Dauphiné, 2001, p. 228). L'inefficacité serait alors assimilée à l'impossibilité d'éliminer le risque, témoignant de l'impuissance politique. Or, le géographe peut démontrer que l'acceptabilité politique de l'impossible risque zéro ne signifie en rien un aveu d'inefficacité, bien au contraire.

## 2.3 L'efficacité politique est nécessairement partielle

À l'aide d'un exemple, nous proposons de montrer que l'acceptabilité politique de l'impossible risque zéro donne une efficacité nécessairement partielle, mais réelle, à l'action politique.

### 2.3.1 Trois phases d'urbanisation dans le lit majeur de l'Arve à Magland (Haute-Savoie)

Cette commune de la vallée de l'Arve, localisée entre Cluses et Sallanches (figure 2.1 p. 30), peut faire ressortir trois phases d'urbanisation depuis le début de la décennie 1970,

qu'illustrent parfaitement les bâtiments d'habitat collectif Halpades, sur le terrain.

La première est celle d'une extension du bâti dans le secteur du Clos-de-l'Île, aboutissant à édifier en zone inondable reconnue le bâtiment Halpades I, en 1991 (fig. 1). Ce dernier est en contrebas d'un remblai portant la route communale, et présente des baies vitrées ouvertes sur l'amont. La dernière crue par débordement de l'Arve date de 1968, et elle avait inondé l'église, au chef-lieu.

La deuxième est celle d'un gel de l'urbanisation entre 1991 et 1998 : aucune construction nouvelle, les réseaux du lotissement desservant parfois des terrains non bâtis.

La troisième est marquée par une reprise de l'urbanisation, qu'illustre notamment le bâtiment Halpades II édifié en 2002.

Pourquoi cette urbanisation syncopée en zone inondable, particulièrement visible sur le terrain ?

### 2.3.2 L'acceptation politique de l'impossible risque zéro

Les phases d'urbanisation nécessitent de reconstituer les relations entre les acteurs politiques. Elles font ressortir un conflit opposant l'État, représenté par le service de Restauration des terrains en montagne (R.T.M.) d'un côté, et la commune, les citoyens, de l'autre. Ce conflit est lié à la volonté étatique d'afficher ce type de risque en prescrivant un P.P.R. En l'attente d'une solution politiquement acceptable par les acteurs impliqués, aucun permis de construire ne put être accordé dans ce secteur de la commune. Or, le zonage rouge initialement préconisé par les géotechniciens du R.T.M. fut jugé excessif par la municipalité. Une délibération du Conseil municipal, le 25 mai 1996, formalisa son rejet unanime.

Le déblocage, que matérialise la reprise de l'urbanisation, fut conditionné par la réalisation de travaux. Mais ces derniers posaient au moins deux problèmes. Celui de leur financement, disproportionné par rapport au budget communal, et celui de leur effet sur la torrencialité de l'Arve. Le financement par mutualisation dans le cadre du contrat de rivière Arve-Léman est détaillé in Pigeon (2002). C'est le deuxième point qui nous intéresse plus ici. En effet, la SOGREAH (1995) refusa les demandes de la mairie concernant un endiguement continu et surélevé, supposé éliminer le risque de crue par débordement. Le bureau d'étude mentionna que ce type d'aménagement, tout particulièrement à l'amont du pont de Gravin et à environ 250 mètres de la confluence entre le torrent de l'Épine et l'Arve (figure 2.1 p. 30), constituait une illusion de sécurité, et, en réalité, une aggravation du risque. Entre autres, les arches du pont pouvaient favoriser un embâcle, surtout en cas d'apport latéral important du torrent de l'Épine, facilitant une inondation rapide du Clos-de-l'Île, en rive gauche, ou de la zone industrielle de la Perrière, en rive droite (figure 2.1 p. 30).

Par conséquent, on comprend mieux le dispositif retenu, une fois le blocage financier levé. En apparence paradoxalement, la digue de 1999 s'interrompt au niveau des bâtiments Hal-

pades (figure 1, p. 30 et photo figure 2.2 p. 31). Pour une crue inférieure à la centennale, la digue doit empêcher le débordement de l'Arve par l'amont. La disparition totale du risque d'inondation est d'autant moins affirmée, que le dispositif autoriserait une submersion plus lente par reflux depuis l'aval. Dans ces conditions, le service R.T.M. accepta un assouplissement du zonage risque, aboutissant au P.P.R. de 1997. Et le bâtiment Halpades I se retrouva en zone bleue (fig. 1), au lieu de l'affectation initiale prévue en zone rouge. Les prescriptions réglementaires du P.P.R. visèrent également à minorer le niveau estimé de ce type de risque pour une crue de fréquence de retour centennale.

### 2.3.3 Acceptation de l'efficacité politique partielle

Que nous montre cet exemple ?

Les travaux, les mesures structurales, donnent l'illusion de l'efficacité politique, comme de leur efficacité maximale, s'ils sont envisagés isolément, à très grande échelle et sur un pas de temps court. En apparence, leur efficacité est très forte : le problème initial, le risque d'inondation et ses contraintes pour le développement démographique et économique de cette commune très marquée par le décolletage, et aux réserves foncières réduites, pourrait être éliminé en surélevant les digues. Tel n'est plus le cas dès lors que l'on prend en compte l'« impact global » des travaux, soit, pour nous, leurs interactions avec les autres composantes du peuplement, tels les lotissements, avec lesquelles ils coévoluent sur la durée, et les caractéristiques de la torrencialité qu'ils modifient. Le refus de la SOGREAH participe implicitement de cette approche, que le bureau d'étude ne systématise pas pour autant.

L'acceptation de l'impossible risque zéro, que traduit, sur le terrain, la digue interrompue, notamment, démontre une efficacité politique nécessairement partielle. En effet, elle reconnaît que ce type de risque ne pourra être éliminé. Elle suppose un partenariat effectif avec les multiples acteurs du risque, à différentes échelles, aboutissant à une recherche de consensus. Cette forme de partenariat multi-acteurs n'ignorant pas les associations de citoyens, peut représenter un exemple précis de gouvernance, où l'impulsion, bien que venant encore de l'État, compose finalement avec la variété locale des acteurs impliqués. Elle est aussi liée à la pratique du service R.T.M. de Haute-Savoie. Elle reconnaît l'importance de la négociation dans la gestion des risques (Liévois, 1998), indispensable à leur acceptation. Et, juridiquement, le P.P.R. est un outil réglementaire, approuvé par arrêté préfectoral. N'oublions pas que le niveau réglementaire doit vérifier les modalités locales d'application des principes généraux qu'établissent les lois.

Toutefois, l'exemple en question pose de multiples problèmes de fond. Notamment, pourquoi l'efficacité est-elle nécessairement partielle ? Le dernier point de l'article essaie de proposer des pistes de réponses à cette question essentielle.

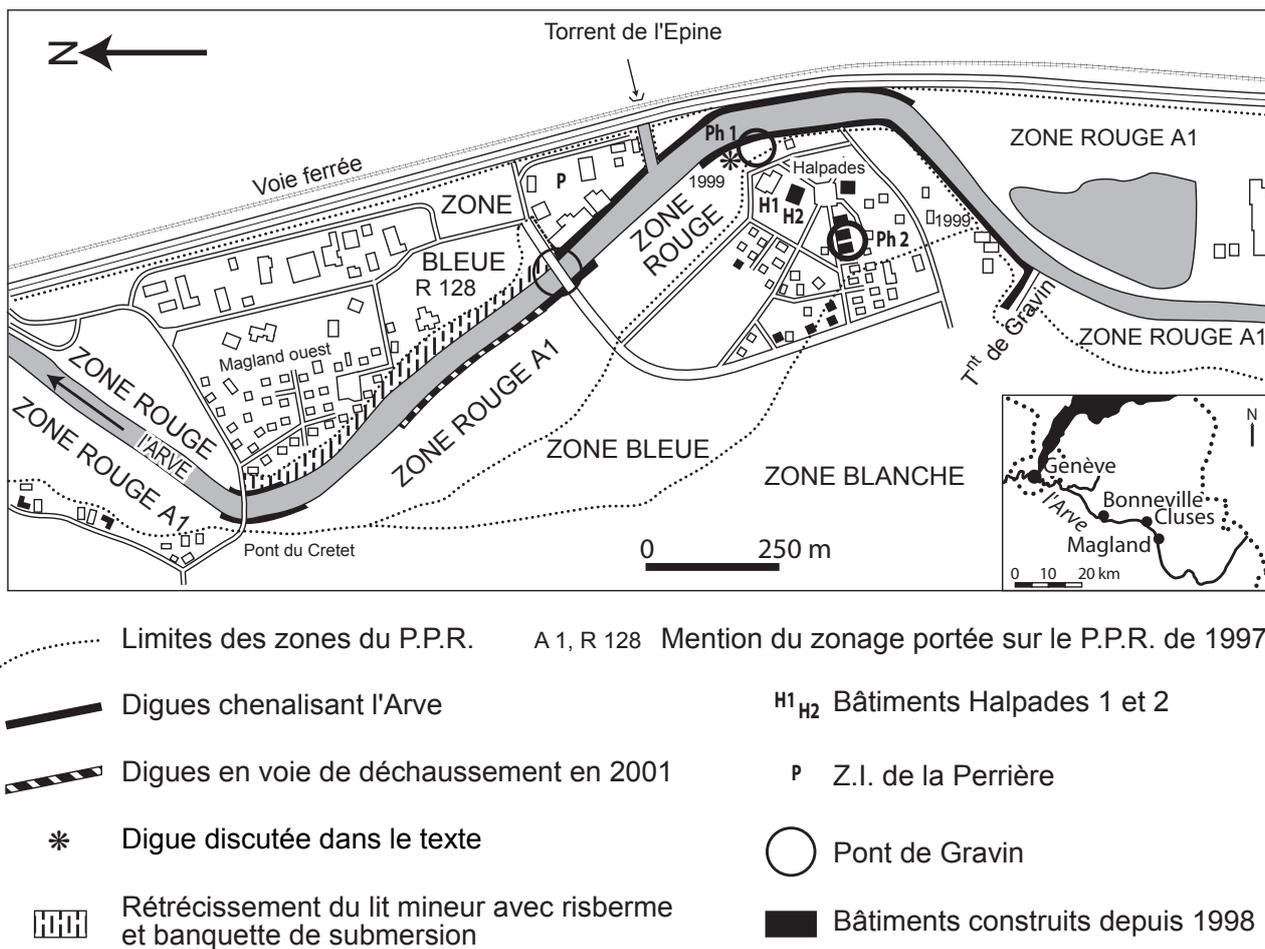


Fig. 2.1 Niveaux de disponibilité des différentes approches d'évaluation de la vulnérabilité aux menaces naturelles

## 2.4 Lecture géographique de l'efficacité politique

Nous proposons de comprendre le caractère partiellement efficace de toute mesure politique cherchant à gérer les risques, en revenant sur la thématique des risques liés à la torrentialité. Les exemples utilisés permettent de démontrer, à partir de l'interprétation du terrain, qu'aucun risque ne peut être traité isolément si la recherche de l'efficacité maximale est souhaitée, mais aussi que la gestion des risques tend à les transformer et à les déplacer.

### 2.4.1 Une reconnaissance politique encore limitée de l'arbitrage entre plusieurs types de risques

L'arbitrage est identifiable à partir des enquêtes de terrain, par exemple au regard du fait que les prescriptions réglementaires associées aux P.P.R. sont très inégalement prises en compte par les propriétaires concernés. Si nous revenons à Magland, nous constatons que des habitations furent édifiées après 2000, en zone bleue, mais qu'elles diffèrent architecturalement (figure 2.1 et photo figure 2.3 p. 31). Au premier plan, le bâtiment tient compte des prescriptions, avec un remblai surélevant les pièces d'habitation et un ga-

rage servant de vide sanitaire. Ce n'est pas le cas pour le bâtiment du second plan.

L'enquête cadastrale permet de confirmer que les deux propriétaires ne peuvent ignorer l'existence du risque d'inondation, quand bien même ils méconnaîtraient celle du P.P.R. En effet, ils étaient propriétaires de terrains agricoles avant l'opération de remembrement-aménagement menée sur cette partie du lit majeur de l'Arve, à partir de 1984. Leur domicile principal se trouvant alors au hameau de Gravin, associé à la partie haute du cône de déjection du torrent éponyme (fig. 2.1), aujourd'hui localisé en zone blanche du P.P.R., eux ou leurs parents ont vécu la crue de 1968.

L'hétérogénéité architecturale reflète donc nécessairement l'inégalité financière des ménages, la diversité des choix culturels, mais aussi la variété des processus décisionnels en cas de risque identifié, que cherche à comprendre, par exemple, la théorie de la dissonance cognitive (Schoeneich & Busset-Henchoz, 1998). Les différences architecturales peuvent difficilement traduire les modalités d'application de la loi Barnier. L'article 5 du décret du 5 octobre 1995 pris en application de cette loi prévoit que « les travaux de prévention [...] ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 pour cent de la va-



Fig. 2.2 La digue de 1999 délibérément interrompue, vue depuis le parking du bâtiment Halpades I. Magland, janvier 2005. Localisation sur la fig. 2.1 p. 30

leur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan ». Mais, ici les valeurs vénales des deux bâtiments sont, clairement, très proches (photo figure 2.3).

On en déduit, sur le fond, que le risque d'inondation ne peut être isolé d'autres risques socialement reconnus, que ce soit individuellement ou collectivement. L'efficacité peut alors se définir par rapport à quel risque ? Quels sont les risques visés par quelles institutions ou quels individus, que traduisent en partie ces composantes du peuplement, identifiables sur le terrain, à partir desquelles le géographe réfléchit ? Il n'en reste pas moins que les politiques gérant les risques dits naturels développent officiellement une approche segmentée, ce qui signifie de facto une efficacité nécessairement partielle.

Dans ces conditions, nous pouvons présenter le point suivant.

#### 2.4.2 Déformation et transfert du risque par l'action politique

En changeant d'échelle et en prenant en compte la durée, nous observons ici une coévolution entre la tendance à la chenalisation de l'Arve, la multiplication des lotissements et des zones d'activités, et l'encaissement du lit mineur du torrent. L'encaissement ne dépasserait pas 2 mètres sur la commune de Magland, mais il est estimé entre 8 et 14 mètres sur la période 1950-1985 à l'aval de Cluses (Peiry et alii, 1994). Ces auteurs évaluent la vitesse de l'incision à 50 cm/an entre 1974 et 1981. Au regard de la hauteur de chute du

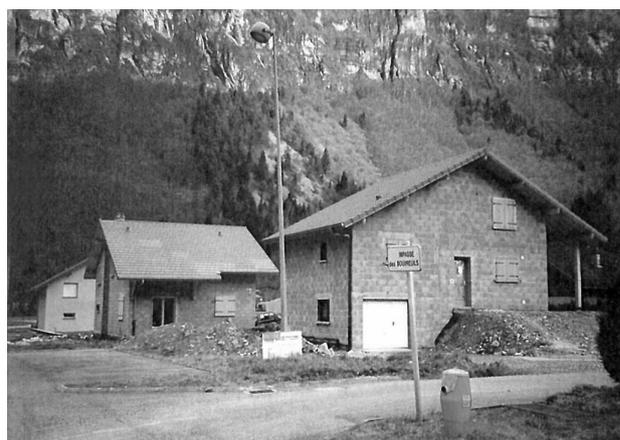


Fig. 2.3 Deux bâtiments en zone bleue prenant inégalement en compte les prescriptions architecturales du P.P.R. Magland, février 2001. Localisation sur la fig. 2.1 p. 30

contre-seuil de Pressy édifié en 2002 à 100 mètres à l'aval du seuil éponyme implanté en 1983, la vitesse de l'incision reste encore au moins de 13 cm/an entre 1983 et 2002. Tous ces phénomènes sont redevables à de multiples facteurs. Par exemple, l'encaissement est favorisé par les mutations des conditions d'écoulement dans les parties amont des bassins-versants, qui ont diminué la charge sédimentaire torrentielle depuis un siècle. Liebault et alii (2001) l'ont redémontré à propos de la Drôme. Il tient aussi aux conditions de site, aux héritages géologico-géomorphologiques qui le favorisent inégalement en fonction de la granulométrie du volume rocheux. À proximité du contre-seuil de Pressy, les niches d'arrachement de petits glissements de terrain entretenus par la tendance à l'incision affectent les formations superficielles. Elles confirment la présence, identifiée dans les sondages, de limons à passées tourbeuses d'épaisseur plurimétrique.

Malgré cette variété, la coévolution traduit aussi des rétroactions positives qui sont systématiquement formalisables (Pigeon, 2002 ; 2005). L'exploitation des granulats, qui fut intensifiée par les besoins de l'urbanisation dans la vallée de l'Arve, a encore plus favorisé l'incision au cours des décennies 1960 et 1970, ce d'autant plus que la chenalisation était dans le même temps accentuée par les remblais munis de digues, portant les opérations d'urbanisme. Comme l'a démontré Piegay (1997) sur le Giffre, qui conflue avec l'Arve à l'aval de Cluses, la chenalisation et l'endiguement augmentent la puissance spécifique du torrent en lui faisant dépasser la valeur de  $35 \text{ w.m}^2$ . Or cette valeur « serait un seuil en dessous duquel les rivières ne seraient pas capables de s'autoajuster en cas de perturbations liées à des aménagements ». En d'autres termes, la chenalisation et l'endiguement augmentent la réactivité du torrent aux aménagements, ici, en favorisant son incision rapide dans les formations superficielles post-glaciaires qui colmatent les ombilics de Cluses ou de Taninges. Cette réactivité se traduit par l'incision accrue au moment où la charge sédimentaire du torrent issue de l'amont est historiquement réduite, et

où la chenalisation défavorise la recharge latérale. La reconnaissance sociale du risque d'inondation par débordement s'en trouve affaiblie. La lecture assidue des registres de délibérations du Conseil municipal de Scionzier de 1960 à 2004, commune immédiatement à l'aval de Cluses, permet de constater que les références aux risques d'inondation disparaissent à partir du début de la décennie 1980.

On est alors en mesure de démontrer, une fois de plus, le caractère nécessairement partiel de l'efficacité politique, puisque toute mesure tend à déplacer, voire à déformer le ou les risques gérés.

Le début de la décennie 1980 correspond à une mutation des risques reconnus comme associés à la torrencialité de l'Arve. Les délibérations des Conseils municipaux font alors ressortir les affouillements de berges, les déchaussements en cours des piles de ponts et des digues. En 1982, le pont de la Sardagne s'effondra, à Cluses. Cette mutation a été au moins en partie préparée par les politiques visant explicitement ou non à gérer les risques d'inondations antérieurs. Leur réalité est rappelée tant par les archives (Mougin, 1914), que par des formes de peuplement les rendant compatibles avec l'activité agricole, voire de chasse ou de prélèvement de ressources comme le bois. Les politiques de restauration des terrains en montagne ont joué un rôle en facilitant le stockage du matériel sédimentaire sur les parties amont des bassins versants. Mais on peut aussi démontrer que la tendance à l'encaissement de l'Arve, partiellement liée aux politiques de chenalisation visant à gagner des terrains constructibles aux dépens du lit majeur, contribue à expliquer la baisse des fréquences de crue par débordement, à affaiblir la reconnaissance sociale comme politique du risque d'inondation. Le dernier événement important à Magland et à Scionzier remonte à 1968. L'illusion que représente la disparition du risque d'inondation encourage à encore plus de chenalisations, de remblais et de zone d'activités ou de lotissements, alors que l'intensité de l'endommagement pour une crue de fréquence de retour supérieure à la centennale vérifierait la loi de Farmer. Cette dernière pose que la fréquence est en rapport inverse de l'intensité. Elle représente aussi un moyen de formaliser l'impossibilité du risque zéro, comme le caractère trompeur de fréquences si rares qu'elles poussent les sociétés humaines à l'oubli ou à la négligence d'un type de risque.

Il y a donc bien ici transfert et déformation des risques liés à la torrencialité de l'Arve, au moins en partie sous l'effet de politiques qui cherchaient explicitement ou non à les gérer, et ce à plusieurs échelles.

## 2.5 Conclusions

L'interprétation géographique des politiques cherchant à gérer les risques dits naturels permet de contribuer aux réflexions sur leur efficacité. Trois points au moins apparaissent :

L'efficacité par élimination totale du risque est un leurre,

sauf à admettre l'élimination des peuplements liés au lit majeur de l'Arve. Mais les versants ne seraient, bien entendu, pas indemnes de risques liés aux milieux physiques, et/ou à d'autres facteurs (Pigeon, 1991). Cela revient à démontrer une fois de plus les limites de la gestion des risques à partir de mesures uniquement structurales, portant sur les seuls processus physiques.

L'efficacité est donc nécessairement partielle, et toute politique doit nécessairement avoir des effets inattendus. Ce en raison de l'impossibilité d'isoler un type de risques des autres composantes de peuplement humain, comme en raison de l'impossibilité d'agir de manière certaine sur les processus. Les bilans des politiques menées, par exemple sur les espaces de rétention des crues en Grande-Bretagne (Ledoux et alii, 2005), tendent, timidement, à le reconnaître. De plus, on peut démontrer une coévolution partielle entre les processus physiques, les travaux qui les modifient, et les mutations des autres composantes de peuplement. Elle illustre la « fragilité de l'agir humain ». C'est ce que nous cherchons à formaliser et à représenter par l'analyse systémique (Pigeon, 2002 ; 2005).

Cette approche, toutefois, ne doit pas laisser croire à l'inefficacité du politique. L'action est inhérente aux peuplements humains, elle est même appelée par l'intensification de leurs mutations contemporaines. On pourrait même admettre que l'impossibilité du risque zéro est validée par l'a posteriori historique. Pragmatiquement, la plus grande efficacité possible est représentée par l'adaptabilité rapide des politiques cherchant à gérer les risques. Ce principe est, par exemple, implicitement exposé par l'article 48 de la loi du 30 juillet 2003, et explicitement par le plan de sauvegarde de la mairie de Chamonix (Garcin-Parraguez, 2004). Il prévoit de faire évoluer le dispositif, et son affichage sur le terrain, en tirant systématiquement parti des retours d'expérience. Dans ces conditions, la profusion des expertises et celle des normes juridiques correspond, au rebours des interprétations initiales, et en partie, à une quête effective de l'efficacité maximale. On comprend pourquoi la recherche d'indicateurs d'efficacité politique, identifiables à partir des peuplements concernés, n'a jamais été autant d'actualité qu'aujourd'hui. Mais on comprend aussi le caractère potentiellement très applicable de la réflexion géographique, si l'on admet que le géographe cherche à comprendre les marques territoriales très évolutives des peuplements contemporains (Roncayolo, 2002).

## 2.6 Bibliographie

- ARENDDT, H. (1995) — *Qu'est-ce que la politique ?* Éditions du Seuil, Paris, 195 p.
- BECK, U. (1986) — *La société du risque*. Éditions Flammarion, Paris, 521 p.
- DAUPHINÉ, A. (2001) — *Risques et catastrophes*. Éditions A. Colin, Paris, 288 p.
- GARCIN-PARRAGUEZ, A. (2004) — *Plan d'alerte et d'évacua-*

- tion, risques d'avalanches à Chamonix. Rap. Inéd. Master 2, Univ. Lyon III, 103 p.
- LEDOUX, L. et alii (2005) — Towards sustainable flood and coastal management : identifying drivers of, and obstacles to, managed realignment. *Land use policy*, n° 22, pp. 129-144.
- LIEBAULT, F. et alii (2001) — La gestion des zones d'érosion en montagne. *Actes du colloque de Lyon, « risques et territoires »*, ENTPE/C.N.R.S., 2, 261-269.
- LIEVOIS, J. (1998) — Appropriation des risques transcrits. *Revue de géographie alpine*, n° 86, 2, pp. 91-100.
- MICHELLIER, C. (1999) — *L'évaluation des risques aux catastrophes naturelles en vue de leur prévention : l'utilité et l'utilisation de EM-DAT à une échelle mondiale et internationale*. Maîtrise Univ. Savoie, 192 p.
- MOUGIN, P. (1914) — *Les torrents de la Savoie*. Éditions de la Société d'Histoire Naturelle de Savoie, 1238 p.
- OFFNER, J. M. (2002) — Les « suivis » des P.D.U. : hasards et nécessités. *Métropolis*, n°s 108-109, pp. 116-122.
- OFFNER, J. M. & POURCHEZ, C. (2002) — Projets et politiques de transport. Expertises en débat. *Métropolis*, n°s 108-109, pp. 4-5.
- PEIRY, J. L. et alii (1994) — L'incision des rivières dans les Alpes du nord : état de la question. *Revue de géographie de Lyon*, n° 69, 1, pp. 49-56.
- PIEGAY, H. (1997) — Principes nouveaux en matière de gestion des marges de rivières en tresses. *Revue de géographie alpine*, n° 85, 2, pp. 33-48.
- PIGEON, P. (1991) — *L'homme face aux risques liés aux glissements de terrain dans le Chablais et son piedmont*. Thèse, Univ. Grenoble I, 351 p.
- PIGEON, P. (2002) — *Réflexions sur la géographie des risques dits naturels*. Mém. HDR, Université Nice-Sophia-Antipolis, 598 p.
- PIGEON, P. (2005) — *Géographie critique des risques*. Éditions Economica-Anthropos, Paris : 221 p.
- REVAULT D'ALLONNES, M. (1999) — *Le dépérissement de la politique*. Éditions Flammarion, Paris, 318 p.
- RONCAYOLO, M. (2002) — Géographie : nature et société ? In : collectif sous la direction de Y. Michaud. *La géographie et la démographie*. Éditions Odile Jacob, Paris, 97-103.
- SCHOENEICH, P. & BUSSET-HENCHOZ, M. C. (1998) — La dissonance cognitive : facteur explicatif de l'accoutumance au risque. *Revue de géographie alpine*, n° 85, 2, pp. 53-62.
- SOGREAH. (1995) — *Commune de Magland. Étude hydraulique, protection de Magland contre les crues de l'Arve*. Mairie de Magland, 30 p.
- WEICHSELGARTNER, J. (2004) — Changer au rythme des changements : les défis s'adressant à la gestion des risques naturels. In : collectif sous la direction de Y. Veyret, G. Garry, & N. Meschinot de Richemond, N. *Risques naturels et aménagement en Europe*. Éditions Armand Colin, Paris, pp. 212-221.
- ZIMMERMANN, H. & PAHL, T. (2002) — Spending efficiency of international financing institutions : determinants of efficiency and a research design. *Environment and planning, C ; Government and policy*, n° 20 : 341-355.



## 3 La vulnérabilité : un concept problématique

Magali REGHEZZA

Laboratoire de géographie comparée des Suds et des Nords (Gecko), EA 375, Université Paris X-Nanterre, 200 avenue de la République, 92001 Nanterre CEDEX  
magali.reghezza@free.fr

**Résumé.** — Cette communication propose une clarification de la terminologie existante en matière de vulnérabilité. Elle reprend l'ensemble des définitions associées au concept ainsi que les applications de ces dernières. Le terme de « vulnérabilité » est en effet polysémique. Il désigne tout à la fois le dommage et la propension à subir le dommage. Le même mot peut donc avoir des significations différentes selon le contexte et l'auteur. En analysant les origines scientifiques du terme et de ses emplois, deux approches peuvent être distinguées : la vulnérabilité dite « physique », qui recouvre à la fois l'endommagement et le degré d'exposition de l'enjeu, et la vulnérabilité dite « sociale », qui renvoie à la capacité à faire face et à la résilience. On s'interrogera alors sur l'application de ces concepts et leur caractère opératoire.

**Mots-clés.** — Vulnérabilité, risque, endommagement, exposition, capacité de résistance, adaptation, résilience.

**Title.** — *Vulnerability : A Challenging Concept*

**Abstract.** — The purpose of this paper is to present a conceptual framework for studies of vulnerability. It reviews the various definitions of the concept and their applications. « Vulnerability » is indeed a polysemic term, which may take different meanings, depending on the author and the context. The same word may have different meanings when used in different contexts and by different authors. The term can both refer to damage and to the susceptibility to damage. Tracing the scientific roots of the term and of its usage, two conceptual approaches can be identified, namely physical vulnerability — meaning damage and exposure — and social vulnerability, described as coping capacity and resilience. Eventually we study the relevance of these two points of view

**Key-words.** — vulnerability, risk, loss, exposure, coping capacity, adaptation, resilience.

### 3.1 Introduction

La vulnérabilité est un concept à la mode. En 1994, la Conférence de Yokohama, qui s'est tenue dans le cadre de l'IDNDR (*International Decade for Natural Disasters Reduction*), l'a même placée au centre des recherches sur les catastrophes naturelles. Dans les faits, même si le risque est désormais défini canoniquement comme un composé d'aléa et de vulnérabilité, « on demeure encore très largement dans l'idée que le risque est contenu dans les aléas » (Gilbert, 2003). Il suffit pour s'en convaincre d'examiner les cartes de vulnérabilité qui se résument à celles de la distribution spatiale des enjeux exposés directement à l'aléa.

Quand on cherche à étudier la vulnérabilité, on se heurte d'emblée à la pluralité de définitions. Déjà à la fin des années 1980, J. Theys et J.-L. Fabiani notaient que « le mot souffre d'un trop-plein sémantique puisqu'il évoque aussi bien la dépendance ou la fragilité, la centralité, l'absence de régulation efficaces, le gigantisme ou la faible résilience. » (Fabiani & Theys, 1986). La multiplicité des définitions s'explique aisément par la construction du concept qui résulte de multiples transferts interdisciplinaires. Cette fertilisation croisée des savoirs a paradoxalement abouti à des idiolectes scientifiques qui grèvent la communication.

Étymologiquement, la *vulnérabilité* désigne la blessure. Par extension, est vulnérable celui qui est sensible aux attaques. Le terme désigne donc tout à la fois le *dommage* et la *propension à subir ce dommage*. Cette ambiguïté originelle a donné lieu à deux approches, distinctes et complémentaires. La première aspire à mesurer l'endommagement potentiel des éléments exposés. La seconde cherche à déterminer les conditions de l'endommagement et par extension, la capacité de réponse de l'enjeu.

### 3.2 La vulnérabilité physique

#### 3.2.1 La vulnérabilité comme degré de pertes et de dommages

Dans les années 1960-1970, le risque est défini comme une probabilité de pertes pour un élément (ou un ensemble d'éléments) donné soumis à un événement dommageable. À cette époque, on cherche en effet à déterminer des moyennes de pertes afin de pouvoir asseoir la gestion des risques sur le principe coût-bénéfice (Starr, 1969). Les assurances abondent dans ce sens car elles souhaitent pouvoir utiliser

ces résultats pour fixer le montant de leurs primes.

Le risque devient alors une espérance (au sens mathématique) de dommages, ce qui explique cette définition, présentée sous forme d'équation mathématique :

$$\text{risque} = \text{aléa} * \text{vulnérabilité}$$

où l'aléa représente la probabilité d'occurrence d'un processus — processus physique dans le cas d'un risque naturel — et la vulnérabilité le degré de dommages subis par les enjeux, exprimé en valeur absolue ou en pourcentage du total. On peut ainsi définir pour chaque élément menacé (en anglais « *element at risk* ») le degré de dommages qu'il est susceptible de subir.

On parle aujourd'hui de *vulnérabilité physique* pour désigner cet impact physique d'un aléa sur des bâtiments, des réseaux, des infrastructures, des populations. Le concept de vulnérabilité physique sert une approche quantitative qui se veut objective et qui privilégie les solutions techniques pour enrayer les conséquences déstabilisatrices de l'aléa. Elle étend aux enjeux les méthodes et les principes utilisés dans le traitement de ce dernier. Une telle définition présuppose que la catastrophe est la perturbation d'un état initial auquel la société doit revenir lors de la reconstruction.

Cette démarche trouve ses limites lorsque l'évaluation objective est, sinon impossible (Starr, 1969), du moins inacceptable pour la société. Ainsi, comment estimer la valeur affective, esthétique, patrimoniale d'un bien ? La valeur d'une vie humaine ? Pour contourner la difficulté, on va distinguer les pertes tangibles (dommages physiques aux biens et infrastructures) des pertes intangibles (pertes en vies humaines, blessés, etc.). On va aussi différencier les pertes directes (destructions immédiates, morts sur le coup, etc.) des pertes indirectes (pertes liées à l'arrêt ou la perturbation de l'activité socio-économique, décès consécutifs aux blessures, etc.). Dans la pratique, on estime en général les pertes tangibles directes.

### 3.2.2 La vulnérabilité comme degré d'exposition

Sous l'impulsion des sciences appliquées, notamment de sismologues, la définition de la vulnérabilité évolue à la fin des années 1970. Travaillant sur les conséquences des séismes, ils montrent que le degré de pertes et de dommages est conditionné par l'exposition à la source de danger. Tous les enjeux ne sont pas exposés de la même façon à l'aléa qui peut varier en nature et/ou en intensité selon les espaces. La vulnérabilité est par conséquent redéfinie comme la *susceptibilité* des enjeux à subir des dommages *due* à l'exposition de ces derniers, puis, par extension, comme le degré d'exposition des enjeux.

Cette définition permet la réintroduction de la géographie. Le géographe, aidé en cela par les SIG et la télédétection, va en effet étudier la distribution spatiale des enjeux, en particulier l'occupation des sols, afin de produire des cartes (appelées cartes de vulnérabilité). Pour évaluer le risque, il suffira de superposer la carte de l'aléa à cette carte de vulnérabilité. On exprime cette superposition par l'équation suivante, qui fait aujourd'hui figure de « définition officielle » :

$$\text{risque} = \text{aléa} + \text{vulnérabilité}$$

Cette équation n'a, contrairement à la précédente, aucune valeur mathématique. Elle exprime uniquement la nécessité de la coprésence entre l'aléa et les enjeux, le signe « + » symbolisant l'exposition. On a donc affaire à deux définitions différentes (et complémentaires) du risque.

Deux difficultés théoriques apparaissent. D'abord, les enjeux sont supposés passifs face à un aléa qu'ils subissent. Dans le cas où il serait impossible de réduire l'aléa ou l'exposition, la seule solution serait de supprimer cette dernière en déplaçant les enjeux pour les soustraire au danger, à moins bien sûr de se contenter d'une gestion de crise ou d'une attitude fataliste. Ensuite, on peut se demander ce que l'on doit faire lorsque l'on ne connaît pas l'ampleur ou l'extension spatiale de l'aléa. Cette question devient très préoccupante au cours de la décennie 1990 avec l'émergence de la question des conséquences du réchauffement climatique. Jusque là, comme le rappelle C. Gilbert (Gilbert, 2003), le traitement du risque avait consisté en « une projection spatiale des aléas et accident donnant figure à des ennemis potentiels [...] par rapport auxquels des lignes de défenses devaient être organisées. » Que faire lorsque l'ennemi n'est pas identifié ou spatialement circonscrit ?

### 3.2.3 Méthode analytique et démarche multicritère

Ces deux premières définitions de la vulnérabilité (endommagement et degré d'exposition) se confondent la plupart du temps et restent largement dominantes. Elles sont notamment utilisées pour élaborer les PPR, qui définissent la vulnérabilité comme « le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux ».

La démarche d'évaluation est dite analytique car elle décompose les enjeux qui seront affectés potentiellement par l'aléa. Cette décomposition peut s'opérer de façon plus ou moins complexe : les enjeux seront humains, matériels ou environnementaux. Pour les enjeux matériels, on pourra distinguer le bâti des réseaux et infrastructures ; puis, au niveau du bâti, on distinguera certains bâtiments, etc. À chaque enjeu correspondra une fonction d'endommagement exprimée dans une unité de mesure spécifique : nombre de morts, de blessés, etc.

La démarche analytique est très opératoire dans la mesure où elle permet de dépasser l'impossibilité d'analyser dans le détail le comportement de chaque enjeu, tout en donnant une vision globale, facilement cartographiable, des dégâts potentiels. En outre, depuis plusieurs années, on cherche à estimer grâce à la même unité la vulnérabilité humaine et la vulnérabilité économique. Au total, cette approche est pratique, rapide et (relativement) peu coûteuse.

## 3.3 La vulnérabilité sociale

### 3.3.1 Vulnérabilité et capacité de résistance : la vulnérabilité biophysique

À la fin des années 1970, les sciences appliquées soulignent

que le degré de perte dépend des caractéristiques internes des enjeux : il existe des seuils de *fragilité* au-delà desquels un enjeu subit des dommages. On ne parle ici que d'enjeux matériels, les pertes humaines étant vues comme la conséquence de la défaillance de ces derniers. Ainsi envisagée, la vulnérabilité devient la capacité de résistance physique de l'enjeu matériel.

Une nouvelle définition apparaît donc et se développe conjointement aux précédentes : la vulnérabilité, que l'on va qualifier de *biophysique*, est entendue comme « fonction de l'aléa, de l'exposition et de la *sensibilité* aux impacts de l'aléa. » Elle est déterminée par la nature de l'aléa auquel le système (enjeux) est exposé. Elle est pensée en termes de dommages, ce qui implique qu'un système qui est soumis à un aléa sans subir de dommage peut être considéré comme « invulnérable ». Cette définition permet toutefois de déplacer l'attention vers les propriétés des enjeux et de sortir de la focalisation sur l'aléa. Le risque ne dépend plus uniquement d'un facteur externe : il est également lié aux qualités *internes* de l'élément exposé.

### 3.3.2 Vulnérabilité et capacité d'adaptation

D'un autre côté, les sciences sociales cherchent depuis plusieurs années à mettre en avant la dimension sociale du risque. Dès 1921, des sociologues américains ont montré que la catastrophe en général (et les catastrophes technologiques en particulier) résultait d'un effondrement des protections sociales. Dans les années 1950-1960, ce sont les géographes de l'Université de Chicago qui, sous l'égide de G. F. White, soulignent que la capacité d'adaptation (*adaptive capacity*) des sociétés à l'aléa explique leur capacité à faire face ( *coping capacity*) à la crise. Cette capacité d'adaptation varie en fonction de facteurs sociaux et des représentations qui déterminent la capacité d'anticipation, la rapidité de réaction, l'efficacité de la réponse.

En 1975, la collaboration entre G. F. White et le sociologue E. Haas (White & Haas, 1975) aboutit à l'idée que les aléas naturels ne conduisent pas nécessairement à des catastrophes. Il y a catastrophe lorsque la réponse, l'adaptation de la société, est inadéquate ou insuffisante, bref, lorsque la société ne peut pas faire face (« *cope with* »). Un an plus tard, en 1976, B. Wisner *et al.* dans un article publié non pas dans une revue de géographie mais dans *Nature*, à l'adresse des ingénieurs et des sciences « dures », enfonce le clou : « les catastrophes marquent l'interface entre un phénomène physique extrême et une population humaine vulnérable. [...] On peut affirmer que la probabilité d'occurrence du phénomène physique extrême est constante. Si cette probabilité est constante, la seule explication logique à l'augmentation des catastrophes doit être recherchée dans la vulnérabilité croissante des populations au phénomène physique extrême » (Wisner, 1976). Le terme de vulnérabilité est définitivement posé. Il sera repris par les sciences « dures » et les ingénieurs pour désigner le potentiel de dommage. Jusque là en effet, la terminologie était flottante et l'endommagement, le degré d'exposition et la capacité de

résistance physique étaient appelés vulnérabilité, mais aussi sensibilité, susceptibilité, etc.

Dans ces conditions, la vulnérabilité devient une propriété intrinsèque de la société, un facteur interne de risque *indépendant* de l'aléa au sens où il préexiste à ce dernier. L'article de B. Wisner ouvre définitivement la voie aux sciences sociales. Celles-ci vont s'attacher à déterminer les facteurs sociaux influant sur la vulnérabilité. Les géographes marxistes vont par exemple mettre en avant les facteurs économiques, les catastrophes devenant des « actes du capital ». L'école constructiviste préfère souligner des facteurs sociaux tels que l'âge, le sexe, l'ethnie, la religion, la pauvreté. Ces travaux culminent en 1994 avec l'ouvrage de I. Blaikie *et al.* (Blaikie, 1994) qui développe le *Pressure and release model (PAR Model)* qui expose les causes sous-jacentes de la vulnérabilité (*root causes*).

### 3.3.3 Vulnérabilité et résilience

Depuis la fin des années 1990, le concept de *résilience* est apparu dans les recherches anglo-saxonnes portant sur la vulnérabilité aux conséquences du changement climatique. « Résilience » vient du latin *resilio* qui signifie faire un bond en arrière. D'abord utilisé en physique, le terme est repris à partir des années 1970 par l'écologie (Holling, 1973) pour mesurer la capacité d'un écosystème à maintenir son intégrité et à conserver son état d'équilibre lorsqu'il est soumis à une perturbation. Il est introduit en sciences sociales dans les années 1980. Selon P. Timmerman (Timmerman, 1981) par exemple, la résilience « mesure la capacité de tout ou partie du système à absorber et à se relever de l'occurrence d'un aléa. » La résilience est vue comme un antonyme de la vulnérabilité. Pour W. N. Adger, il s'agit de « la capacité des communautés humaines à supporter les chocs ou les perturbations externes qui affectent leur infrastructure, tels que la variabilité environnementale ou sociale, les bouleversements économiques ou politiques, et de se relever de telles perturbations ». Dans ces conditions, la résilience est un facteur de « durabilité ».

Dans les années 1990, le concept a été largement diffusé dans les sciences sociales anglo-saxonnes, puis en France, notamment grâce à la thèse de C. Aschan-Leygonie (Aschan-Leygonie, 1998). La résilience pose cependant une double difficulté. Si l'on entend la résilience au sens de l'écologie odumienne, elle signifie que le système revient à l'état antérieur à la catastrophe, retourne à l'identique, ce qui est non seulement quasi impossible, mais qui est surtout peu désirable. Cela signifierait en effet que le système ne se sera pas adapté à la perturbation et qu'il restera toujours vulnérable. Il est donc préférable d'envisager la résilience au sens où l'entend l'écologie des perturbations, à savoir le retour à un état d'équilibre, différent de l'état initial, mais suffisamment éloigné de la crise pour permettre la reprise « normale » de l'activité du système. Même ainsi, on peine à définir cet équilibre : la crise est en effet un puissant facteur de recomposition spatiale et fonctionnelle. À partir de quel seuil définir l'équilibre ? Deux états stables radicalement dif-

férents autoriseraient-ils à parler de résilience ? Le concept de résilience porte en lui l'idée d'une stabilité difficile à définir, et ce d'autant plus que le temps nécessaire au retour à la normale n'est pas précisé. En outre, la résilience est difficile à mesurer. De fait, si la valeur explicative de ce concept est indéniable, son caractère opératoire est plus problématique (Dauphiné, 2003).

### 3.4 Quelle application pour ces concepts ?

#### 3.4.1 Les orientations de la recherche

La lente construction du concept explique donc largement sa polysémie (figure 3.1 p. 39) : selon l'acception retenue, les approches diffèrent. Ainsi, les vulnérabilités physique et biophysique restent encore de loin les plus étudiées, car plus aisément quantifiables et cartographiables. L'utilisation systématique du SIG permet la collecte des données de plus en plus précises. On remarque également une très forte mathématisation des méthodologies. Il est intéressant en outre de constater que la nature même de l'aléa devient secondaire : on applique les mêmes analyses à des perturbations d'origine naturelles, techniques ou terroristes.

La vulnérabilité sociale fait l'objet d'un nombre croissant de travaux chez les géographes français. Depuis les recherches de R. D'Ercole au milieu des années 1990 (D'Ercole, 1996 ; RGA, 1994), on analyse les comportements en présence d'un risque, les perceptions, la préparation des populations à la catastrophe, les politiques de gestion, etc. On s'intéresse notamment aux facteurs spécifiques qui réduiraient la capacité de réponse de la société : facteurs démographiques, socio-économiques, psychologiques. L'analyse de la vulnérabilité sociale demande plus que jamais une collaboration transdisciplinaire.

#### 3.4.2 La nécessité d'une approche synthétique

Pour intégrer la vulnérabilité sociale aux politiques de gestion et rendre compte de la complexité de la question, il convient d'adopter une démarche synthétique. A. Dauphiné la définit ainsi (Dauphiné, 2003) : « la vulnérabilité synthétique traduit la fragilité d'un système dans son ensemble, et de manière indirecte, sa capacité à surmonter la crise provoquée par un aléa. Plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, moins il est vulnérable. » La vulnérabilité synthétique peut également s'exprimer en terme de résilience : moins un système est vulnérable, plus il est résilient. L'introduction de la vulnérabilité synthétique en France date d'une dizaine d'années, lorsqu'il est apparu que la méthode analytique était insuffisante. La vulnérabilité synthétique permet d'accroître la gamme des réponses au risque. Il ne s'agit pas de renoncer aux méthodes employées jusque là mais d'intégrer de nouvelles solutions centrées sur la société.

L'approche synthétique connaît actuellement un très grand succès dans le cadre des recherches sur le changement climatique global et ses conséquences. Elle permet d'agir sans

référence à un aléa difficile à connaître tout en ancrant la démarche dans le paradigme du développement durable.

#### 3.4.3 Comment réduire la vulnérabilité ?

La réduction de la vulnérabilité est devenue une priorité pour les gestionnaires. En fonction des définitions évoquées, trois ensembles de solutions apparaissent. On peut d'abord *réduire le potentiel de dommage* en agissant sur l'aléa. C'est la solution la plus fréquente qui fait appel à des infrastructures techniques de plus en plus complexes et audacieuses. On peut ensuite *réduire l'exposition*, grâce à des infrastructures techniques, mais aussi de plus en plus, grâce à des politiques d'aménagement ou plutôt de réaménagement territorial reposant sur le zonage. La réduction de l'exposition passe par des mesures ponctuelles (surélévation de bâtiments, digues, paravalanches, etc.) ou plus globales (zonage) et concerne à la fois l'existant et l'avenir. Enfin on peut *augmenter la capacité de résistance physique et la capacité de la société à faire face*. Les anglo-saxons parlent de *capacity building*. La réduction de la vulnérabilité repose alors sur l'élaboration de normes de construction pour le bâti avec des politiques systématiques de renforcement des bâtiments, de consolidation des infrastructures critiques, d'amélioration de la transférabilité des réseaux... En ce qui concerne les populations, on cherche à instaurer une culture du risque et à modifier les comportements en cas de crise par la pratique régulière d'exercices de simulation. L'action se concentre également sur l'amélioration des politiques de gestion de crise, des systèmes d'alertes et de prévention.

Toute la difficulté de ces politiques de préparation à la crise, que les anglo-saxons appellent *mitigation*, est l'action sur les causes structurelles de la vulnérabilité. Si le concept de vulnérabilité sociale permet de mieux comprendre les catastrophes, il ne donne aucune solution miracle. Le problème reste un problème politique qui dépend des capacités financières, techniques, humaines, juridiques des acteurs concernés.

### 3.5 Conclusion

L'ambiguïté du concept de vulnérabilité ne fait que refléter l'éclatement des sciences et le cloisonnement des communautés scientifiques nationales. Plus généralement, il faut s'interroger sur le caractère opératoire des approches choisies et des méthodes qui leur sont associées dans un contexte où l'expert semble de plus en plus tenu à une obligation de résultat. Si la réduction de vulnérabilité est vue comme l'alternative évidente à l'échec des solutions techniques concentrées sur l'aléa, si l'on s'accorde sur le fait que la lutte contre les catastrophes, quelle que soit d'ailleurs leur nature, passe par une réduction de la vulnérabilité sociale, encore faut-il pouvoir non seulement estimer cette dernière mais proposer des solutions adaptées. Mais comment sortir d'une démarche qui pour l'instant semble relever d'un discours incantatoire ?

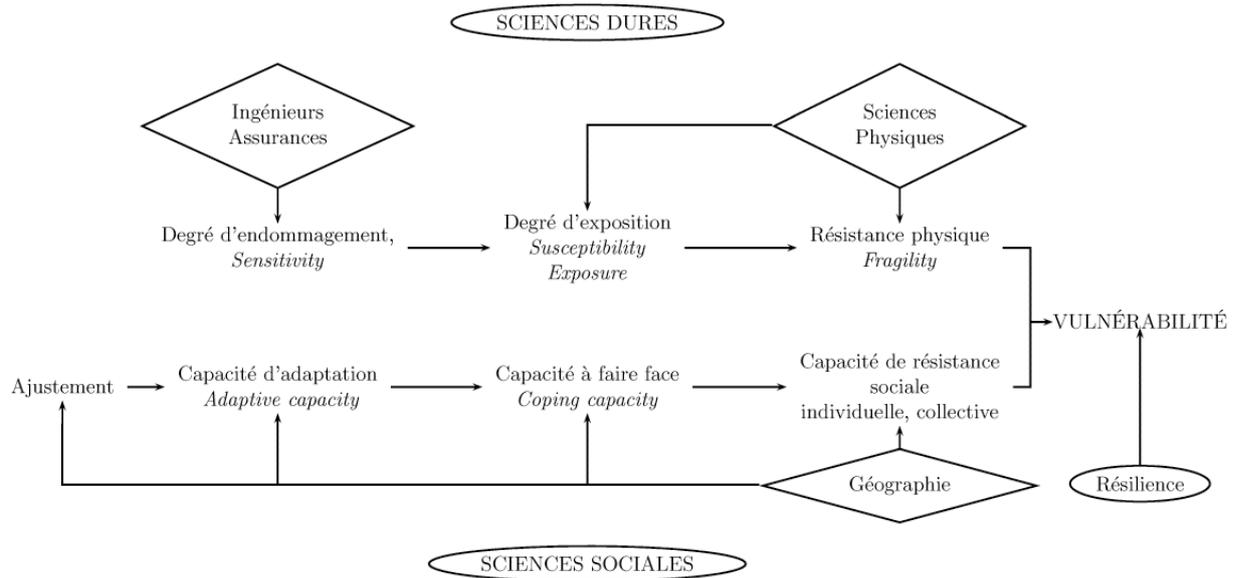


Fig. 3.1 La naissance d'un concept polysémique

### 3.6 Bibliographie

- ASCHAN-LEYGONIE C. (1998) — *La résilience d'un système spatial : l'exemple du Comtat. Une étude comparative entre deux périodes de crises au XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles* — Thèse de doctorat, Université Paris I.
- BLAIKIE I *et al.* (1994) — *At Risk : Natural Hazards, People's Vulnerability* — Routledge, Londres.
- BROOKS N. (2003) — *Vulnerability, Risk and Adaptation : A Conceptual Framework* — [www.cru.uea.ac.uk/~e118/publications/Brooks-tynWP.pdf](http://www.cru.uea.ac.uk/~e118/publications/Brooks-tynWP.pdf)
- CUTTER S. L. (1996) — *Vulnerability to Environmental Hazards* — *Progress in Human Geography*, 20 (4), pp. 529-539.
- DAUPHINÉ A. (2004) — *Réflexion préliminaires sur les vulnérabilités analytiques et synthétiques* — in Collectif, sous la direction de Veyret Y. — *Risques naturels et aménagement en Europe* — A. Colin, Paris, pp. 68-71.
- D'ERCOLE R. & THOURET J.-C. (1996) — *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales* — *Cahiers des Sciences Humaines*, 96 (2), pp. 407-422.
- GILBERT C. (2003) — *Limites et ambiguïtés de la territorialisation des risques* — *Pouvoirs Locaux*, n° 56, pp. 48-52.
- HOLLING C. S. (1973) — *Resilience and Stability of Ecological Systems* — *Annual review of Ecological Systems*, n° 4, pp. 1-23.
- STARR C. (1969) — *Social Benefit versus Technological Risk* — *Science*, n° 165, pp. 1232-1238.
- TIMMERMAN P. (1981) — *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society : A Review of Models and Possible climatic Applications* — Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
- FABIANI J.-L. & THEYS J. (1986) — *La Société vulnérable* — Presse de l'Ens, Paris.
- WHITE G. F. & HAAS E. (1975) — *Assessment of Research on Natural Hazards* — MIT Press, Cambridge, MA.
- WISNER B. *et al.* (1976) — *Taking the Naturalness out of Natural Disasters* — *Nature*, n° 260, pp. 566-567.
- RGA, (1994), LXXXII, n° 4.



## Partie 2

# Retours d'expérience



## 4 La culture comme enjeu majeur de la gestion des catastrophes liées à des phénomènes naturels au sein des sociétés traditionnelles

Jean-Christophe GAILLARD

*Laboratoire Territoires, UMR PACTE 5194 CNRS Institut de Géographie alpine, 14 bis, avenue Marie-Reynoard, 38100 Grenoble, France*

[jean-christophe.gaillard@ujf-grenoble.fr](mailto:jean-christophe.gaillard@ujf-grenoble.fr)

**Résumé.** — Durant les dernières décennies, la question de l'impact culturel des catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels sur les sociétés traditionnelles a généré un débat théorique au sein duquel s'opposent trois grands modèles qualifiés de dominant, radical et modéré. Ces trois modèles éludent toutefois tous l'importance des caractéristiques très différentes des aléas et de la multitude des contextes socio-économiques au sein desquels ils se manifestent. Dans cette perspective, le présent article s'efforce, à l'aide d'exemples concrets, de mettre en évidence un certain nombre de facteurs locaux — la nature du phénomène dommageable, le contexte socioculturel préalable à la catastrophe, le contexte géographique et la politique de réhabilitation — qui influent sur la capacité des sociétés traditionnelles à résister à d'éventuels changements culturels à la suite de catastrophes causées par des phénomènes naturels. Il s'avère que ces facteurs varient fortement dans le temps et dans l'espace, d'un désastre à un autre, rendant ainsi caduque l'usage de modèles universels.

**Mots-clés.** — catastrophe « naturelle », société traditionnelle, changement culturel, modèle, facteur de changement.

**Title.** — *Culture as a major issue of the management of disasters linked to natural phenomena among traditional societies*

**Abstract.** — During the last decades, there has been a theoretical debate on the cultural impact of disaster caused by natural phenomenon on traditional societies. Three models called dominant, radical and moderate, are indeed opposing. These three models are however all eluding the importance of the different characteristics of the hazards and the multitude of socio-economic contexts where they occur. In this perspective and from concrete cases, the present paper points out a couple of local factors — the nature of the hazard, the pre-disaster socio-cultural context, the geographical context and the rehabilitation policy — which seem to play a role in the capacity of traditional societies to resist to possible cultural changes following natural disasters. It turns out that these factors greatly vary

in time and space, from a disaster to another, thus refuting the validity of universal models.

**Key-words.** — "natural" disasters, traditional societies, cultural changes, model, change factor.

### 4.1 Introduction

Les catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels sont généralement considérées comme de graves interruptions du fonctionnement d'une société, engendrant de larges pertes humaines, matérielles ou environnementales que la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources propres (Nations Unies — Département des Affaires Humanitaires, 1992). L'incapacité des sociétés affectées à se relever par elles-mêmes des conséquences de telles catastrophes appelle l'implication d'une aide extérieure (Blaikie *et alii*, 1993). Cette intrusion allochtone au sein de la société dévastée peut être considérée comme un vecteur de changements culturels plus ou moins profonds, notamment au sein des sociétés dites traditionnelles réputées fragiles. L'ampleur de l'impact culturel des catastrophes fait appel à deux concepts spécifiques. Le premier est la vulnérabilité ou la propension de la société à subir des dommages (D'Ercole, 1998) ou dans ce cas précis, des changements culturels. Le second concept est la résilience ou la capacité de la société à se relever promptement des effets d'une catastrophe (Klein *et alii*, 2003). Cet article se propose d'aborder cette question délicate et encore peu mise en valeur dans la littérature traitant des catastrophes causées par des phénomènes naturels. Il répond plus particulièrement à un double objectif : tout d'abord établir une synthèse critique des quelques études traitant de ce thème en mettant en valeur un certain nombre de modèles de réponses des sociétés traditionnelles aux catastrophes. Le second objectif consiste à établir une typologie des facteurs à l'origine de changements culturels suite à l'occurrence de désastres d'origine naturelle afin de fournir une grille d'analyse utile à la gestion de futures catastrophes. Cet article s'inscrit donc dans une logique appliquée. Il est enfin nécessaire de signaler que cette analyse se borne aux phénomènes brutaux contemporains et exclue les catastrophes préhistoriques ainsi que celles résultant d'aléas s'étalant sur de longues périodes temporelles comme les sécheresses ou autres changements climatiques.

## 4.2 Sociétés traditionnelles et catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels

Des quelques études traitant de l'impact culturel de catastrophes contemporaines et brutales se dégagent trois modèles différents de réponses des sociétés traditionnelles (figure 4.1 p. 44). Dans les paragraphes qui suivent, chaque modèle sera illustré par un certain nombre de cas précis qui renforcent les conclusions de la dite approche.

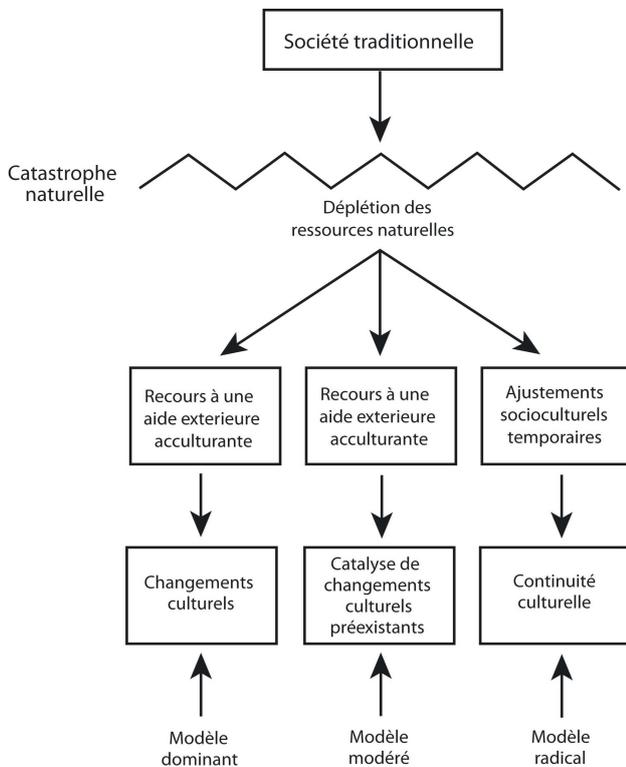


Fig. 4.1 Les différents modèles de réponses des sociétés traditionnelles à la suite de catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels

Le premier modèle, que l'on qualifiera de dominant, soutient que les sociétés traditionnelles, qui dépendent fortement des ressources de leur environnement immédiat pour leur survie, sont fragiles et incapables de se relever par elles-mêmes des conséquences de catastrophes brutales et de large ampleur (Kates, 1971 ; Burton, 1972 ; Kates *et alii*, 1973 ; Mileti *et alii*, 1975 ; Dynes, 1976 ; Burton *et alii*, 1992). Les dommages portés à l'environnement sont tels que les sociétés affectées sont privées de leurs principales ressources et sont ainsi obligées de compter, pour assurer leur survie, sur une aide extérieure acculturante. Ce modèle émane du paradigme dominant dans la littérature traitant des catastrophes causées par des phénomènes naturels qui promeut une approche occidentale, par le haut et technocratique des désastres. Dans la faible capacité des sociétés traditionnelles à répondre aux extrêmes environnementaux, les tenants de ce modèle trouvent une justification à promouvoir un transfert d'expérience, de connaissance et de technologies depuis les

pays industrialisés vers les nations « émergentes ». Ce modèle corrobore les conclusions de plusieurs études conduites suite à l'éruption du mont Lamington, en Papouasie Nouvelle Guinée, en 1951. Belshaw (1951), Keesing (1952), Ingleby (1966) et Schwimmer (1977) ont ainsi documenté les profonds changements culturels induits par la catastrophe au sein des ethnies *Sangara*, *Sasembata* et *Orokaivan*. Les plus touchés furent sans doute les Orokaivans qui durent dans un premier temps abandonner leurs terres ancestrales sur les pentes du volcan et par la même occasion un certain nombre de rites mortuaires et natalistes qui y étaient attachés. Les membres de cette ethnie durent ensuite faire face à l'accroissement de la pression foncière exercée sur leurs terres par des groupes voisins. Cela les poussa à accepter un système de métayage qui bouleversa leur organisation sociale et conduisit au développement de nouvelles cultures commerciales non traditionnelles. Entre 1961 et 1962, l'impact culturel de l'éruption du volcan de Tristan de Cunha, petit dominion britannique au milieu de l'Atlantique sud, fut également dramatique (Munch, 1964, 1970 ; Lewis *et alii*, 1972). Évacuées en Angleterre, les victimes durent abandonner leur mode de vie traditionnel et rural et s'adapter à un contexte urbain acculturant. La plupart des habitants de Tristan de Cunha y découvrirent la location de logement, les emplois industriels ou tertiaires, la ponctualité, les modes de transports modernes, et les difficiles transactions avec les administrations publiques. En 1991, l'éruption du mont Pinatubo, aux Philippines, eut un impact similaire sur la minorité ethnique pygmée *aeta* qui peuplait jusqu'alors les pentes supérieures du volcan (Gaillard, en révision). Dans l'incapacité de retourner sur leurs terres natales ensevelies sous plusieurs mètres de dépôts cendres et pyroclastiques brûlants, ces Aetas durent être relogés sur les piémonts du volcan à proximité immédiate d'autres groupes ethnolinguistiques dominant l'archipel philippin. S'en suivirent d'intenses interactions sociales, économiques et politiques qui conduirent les Aetas à intégrer de nombreuses références socioculturelles allochtones. Les principales modifications ont notamment concerné le mode d'habitat, la religion, la langue, la médecine, les tenues vestimentaires et la nourriture. Plus récemment encore, l'éruption du Mt. Rabaul en Papouasie Nouvelle Guinée, en 1994, a eu de profondes répercussions culturelles pour les communautés *tolai* installées sur les flancs du volcan (To Waninara, 2000). Relogées à plusieurs dizaines de kilomètres de leurs villages natales, un certain nombre de communautés *tolai* ont dû faire face à la déplétion de *Tambu* (système traditionnel de monnaie impalpable et d'évaluation des richesses à valeur commerciale et rituelle) (système traditionnel de monnaie — sous forme de coquillage — et d'évaluation des richesses à valeur commerciale et rituelle) traditionnellement généré par le produit de l'activité agricole sur les flancs du volcan. Le manque de *Tambu* a progressivement remis en cause le système de leadership communautaire traditionnel basé sur l'accumulation de cette monnaie immatérielle. Pannell (1999) a également décrit des changements culturels signifi-

ficatifs au sein des habitants de la petite île de Nila dans les Moluques, en Indonésie, suite au réveil de leur volcan en 1968. Les victimes ont été relogées sur l'île de Seram parmi une population dominante originaire de Sulawesi. Les contacts réguliers qui se développèrent entre les deux groupes conduisirent à l'érosion progressive des fondements de la culture des habitants de Nila. Autrefois totalement orientée vers la mer, la société de Nila est aujourd'hui devenue « terrienne ». Manger du poisson est désormais un luxe, la construction des barques traditionnelles un souvenir et naviguer du domaine de l'histoire. Un dernier double exemple, lié à l'éruption du volcan Parícutín au Mexique entre 1943 et 1952, illustre ce modèle dominant de réponses des sociétés traditionnelles aux catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels (Nolan, 1979 ; Nolan et Nolan, 1993). En 1944, le village de Parícutín fut totalement détruit par l'éruption du volcan du même nom. Les indiens *tarascans* de Parícutín, repliés sur eux-mêmes et au mode de vie rural très proche des traditions de leurs ancêtres, furent tous relogés à vingt kilomètres de leur village natal à proximité d'un centre urbain dynamique à la population non tarascan. Trente ans après la catastrophe, les coutumes traditionnelles et l'organisation sociale des habitants de Parícutín ont été profondément altérées par les contacts réguliers avec les autres groupes ethniques alentours et la spéculation foncière qui fit suite à l'éruption. La communauté homogène d'origine a progressivement intégré un système de classes sociales totalement étranger à la culture tarascan. Le village voisin et ressemblant d'Angahuan, partiellement détruit par l'éruption, ne fut quant à lui pas abandonné et certains marqueurs territoriaux (langue *tarascan*, coutumes vestimentaires et mode d'habitat notamment) ont été conservés. Par contre, l'ouverture sur le monde extérieur qui fit suite à la catastrophe, notamment au travers du tourisme et de l'intrusion de spéculateurs fonciers allochtones, poussa les habitants d'Angahuan à progressivement accepter un statut d'employés agricoles, au service de capitalistes extérieurs à la communauté, en lieu et place de leur traditionnel statut de propriétaires fermiers.

Le second modèle soutient une thèse radicalement différente. Les tenants de cette approche (Sjoberg 1962 ; Torry 1978a, 1979) se sont en effet attachés à démontrer que les sociétés traditionnelles étaient particulièrement résilientes et capables de surmonter par elles-mêmes de graves catastrophes causées par des phénomènes naturels. Selon cette approche, les conséquences environnementales d'événements de grande ampleur forcent les sociétés affectées à des ajustements ponctuels qui ne modifient en rien les fondements de leur organisation sociale. Ce modèle a émergé avec l'implication croissante d'anthropologues dans l'étude des catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels (voir Torry, 1979 et Oliver-Smith, 1996 pour une synthèse). Les arguments du modèle radical ont largement participé à la remise en cause du paradigme dominant et technocratique en matière de catastrophes en mettant en valeur les effets pervers des mesures d'urgence et autres ajuste-

ments technologiques mis en place par les gouvernements occidentaux. Selon les tenants de l'approche radicale, l'incapacité éventuelle des sociétés traditionnelles à surmonter l'occurrence de phénomènes naturels extrêmes doit être imputé à l'aide d'urgence allochtone qui interfère et interrompt les systèmes autochtones de résilience et non aux capacités intrinsèques de la communauté affectée (Waddell, 1974, 1983 ; Torry, 1978b, Cijffers, 1987). Le modèle radical se nourrit notamment des études de Spillius (1957), réinterprétée par Torry (1978a), sur la petite île de Tikopia, dans l'archipel des Salomons, dévastée par deux cyclones qui entraînèrent une famine entre 1952 et 1953. Suite à la destruction des principales ressources de l'île, les habitants de Tikopia durent apporter temporairement quelques modifications à leur mode de vie traditionnel afin de subvenir à leurs besoins quotidiens. Les principales mesures incluent l'abandon provisoire des jachères, la redéfinition des droits agricoles, la lutte accrue contre le crime et les vols, l'annulation temporaire ou le raccourcissement des rituels agricoles les moins importants, l'ajournement des mariages, la réduction de la taille puis du nombre de cérémonies funéraires. L'ensemble de ces ajustements se décida au sein des assemblées publiques traditionnelles, devenues quasi journalières, dans le respect des fondements de la société *tikopiane*. Le maintien de l'organisation sociale et culturelle de sociétés traditionnelles a aussi été observé suite au séisme qui secoua le Pérou en 1970. Oliver-Smith (1977, 1979a, 1979b, 1979c, 1986) a ainsi décrit le mouvement de résistance des indiens de la ville de Yungay, dans la province éponyme, face au programme de relogement initié par le gouvernement de Lima. Suite à la destruction de la ville par une avalanche de débris associée au séisme, le gouvernement péruvien tenta de reloger l'ensemble des survivants à 15 kilomètres de leur lieu d'origine. Afin de maintenir les liens qui les unissaient de façon ancestrale à leur territoire et pour préserver leur identité culturelle, les indiens de Yungay décidèrent toutefois de rebâtir par eux mêmes leur ville à proximité immédiate des décombres de leurs anciennes habitations. Un tel attachement au territoire a également marqué le comportement des habitants de Niuafó'u, dans l'archipel des Tongas, suite à leur évacuation due à l'activité du volcan de l'île en 1946 (Rogers, 1981). Après un parcours erratique qui les emmena d'abord sur l'île voisine de Nukualofa puis sur celle d'Eua, la plupart des victimes réussirent finalement à rétablir sur cette dernière leur communauté dans le respect des traditions régissant l'organisation sociale de leur ethnie. Les principaux marqueurs territoriaux *niuafó'u* (églises, écoles, boutiques...) furent reconstruits malgré l'hostilité préalable et les antagonismes culturels avec les *Euans* qui étaient assez peu satisfaits de l'arrivée d'une telle population sur leurs terres. En 1958, un certain nombre de victimes de Niuafó'u furent finalement autorisées à retourner sur leur île natale où ils reconstruisirent très rapidement leurs villages abandonnés durant plus d'une décennie.

Le troisième modèle défend une approche plus modérée et intermédiaire. Les tenants de cette tendance (Blong, 1984 ; Bates et Peacock, 1986 ; Oliver-Smith, 1996) considèrent que les catastrophes agissent plutôt comme des facteurs accélérateurs de changements culturels amorcés bien avant l'impact du phénomène naturel dommageable. Ce phénomène se produisit notamment au sein de plusieurs communautés indiennes tarascanes affectées par l'éruption du volcan Parícutín au Mexique entre 1943 et 1952. Vingt, puis quarante ans après la crise, Nolan (1979 ; Nolan et Nolan, 1993) identifia un certain nombre de facteurs qui accélèrent le processus d'acculturation déjà engagé depuis un certain temps au sein des villages de Zacán, Zirosto et San Juan Parangaricutiro, dans le cadre du programme de modernisation de la nation mexicaine. Les principaux catalyseurs identifiés dans le cas du Parícutín sont le relogement des victimes et l'aide apportée par le gouvernement, le développement du tourisme ainsi que les migrations vers les principaux centres urbains du pays et vers les États-Unis pour faire face à l'improductivité temporaire des sols aux alentours du volcan. Ce phénomène se produisit également au sein des communautés pygmées aetas peuplant les piémonts du mont Pinatubo au moment de son éruption brutale en 1991 (Gaillard, en révision). Au contraire de leurs homologues des pentes supérieures du volcan, les Aetas des flancs inférieurs de la montagne vivaient depuis plusieurs décennies en étroits contacts avec les militaires américains qui occupaient la base aérienne voisine de Clark, ainsi qu'avec d'autres groupes ethniques dominant la plaine centrale de l'île de Luzon. En accroissant la dépendance sociale, économique et politique des Aetas vis-à-vis des populations des plaines, le réveil du mont Pinatubo accéléra la diffusion de références socioculturelles occidentales déjà largement répandues avant l'éruption. Les séismes qui secouèrent le Guatemala en 1976 (Cuny, 1983) et le Yémen en 1982 (Leslie, 1987) ont également activé un processus de changement culturel déjà entamé au sein des populations montagnardes de ces pays. Dans ces cas précis, l'ouverture progressive des montagnes yéménites et guatémaltèques sur le monde extérieur facilita l'adoption de techniques de construction modernes apportées par des experts étrangers durant la période de reconstruction.

Cette rapide synthèse des études traitant des réponses des sociétés traditionnelles aux catastrophes contemporaines et brutales a donc permis de distinguer trois modèles théoriques émanant de différentes disciplines des sciences sociales. Ces trois approches se caractérisent avant tout par leurs conclusions radicalement opposées. L'ampleur de tels antagonismes appelle une réflexion critique.

### 4.3 De la limite des modèles

Les conclusions contradictoires des modèles précédemment énoncés posent la question même de la validité de telles approches étalons. Deux éléments de discussion différents

peuvent être soulevés. Le premier, récemment mis en évidence par Hoffman (1999) et Torrence (2002, 2003a, 2003b) est l'échelle d'analyse temporelle. Ainsi, des changements culturels perçus comme profonds quelques mois après une catastrophe peuvent s'avérer beaucoup moins significatifs à plus long terme. L'exemple de l'éruption du mont Pinatubo et son impact sur les populations pygmées aetas est éloquent. Dix ans après le réveil du volcan en 1991, les changements culturels au sein des communautés les plus isolées vivant précédemment sur les pentes supérieures du volcan ont pu paraître importants (Gaillard et Leone, 2000 ; Gaillard, en révision). Replacé dans une analyse temporelle plus longue, l'impact de cette catastrophe apparaît plus réduit. Durant leur histoire qui remonte probablement au Pléistocène, les Aetas du mont Pinatubo ont ainsi conservé un certain nombre de spécificités culturelles les distinguant de la majorité des Philippins malgré plusieurs éruptions volcaniques et séismes de grande ampleur, des changements climatiques majeurs, l'arrivée sur leur territoire des agriculteurs austronésiens, 300 ans de colonisation espagnole et finalement l'établissement de bases militaires américaines sur leurs terres au XX<sup>e</sup> siècle.

Le deuxième problème rencontré lors de la modélisation des réponses culturelles des sociétés traditionnelles à la suite de catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels tient à la difficulté même de comparer les événements entre eux. Cet embarras provient du caractère unique de chaque catastrophe. Ce thème cher aux géographes a retenu l'attention d'un nombre important de chercheurs durant les deux dernières décennies (voir par exemple : Susman *et alii*, 1983 ; Hewitt, 1983, 1997 ; Chester, 1993 ; Maskrey, 1989 ; Blaikie *et alii*, 1994 ; Cannon, 1994 ; Lavell, 1997). Les phénomènes naturels destructeurs vecteurs de catastrophes ont en effet des caractéristiques intrinsèques différentes. On distingue des phénomènes à occurrence rapide tels les séismes ou plus lente comme dans le cas des inondations. La magnitude des événements diffère aussi d'un cas à l'autre et certains phénomènes, comme les typhons et les inondations, sont récurrents et saisonniers alors que d'autres sont beaucoup plus rare à l'échelle d'une génération (éruptions volcaniques, séismes...). De plus ces aléas interviennent dans des contextes socio-économiques, culturels et politiques fort différents contribuant à modeler les réponses des populations. Le caractère très distinct des aléas et la multitude des contextes au sein desquels se produisent les catastrophes amène naturellement à questionner la viabilité de modèles universels de réponses des sociétés traditionnelles. Ces dernières semblent plutôt liées à l'interrelation complexe d'un certain nombre de facteurs qui varient dans le temps et dans l'espace, et d'une catastrophe à une autre. Ces facteurs sont principalement d'ordres physiques, socioculturels, géographiques et politiques. Les paragraphes suivants se proposent d'exposer leurs caractéristiques afin de proposer une grille d'analyse utile à l'anticipation et à la gestion d'événements futurs.

#### 4.4 L'importance de la nature du phénomène dommageable

On a déjà mentionné que les phénomènes naturels générateurs de catastrophes avaient des caractéristiques propres. Les exemples pris en première partie montrent que la magnitude et la fréquence des aléas conditionnent directement l'impact des catastrophes sur les sociétés traditionnelles. Un certain nombre d'études ont effet démontré l'aptitude de ce type de société à faire face à des phénomènes récurrents et saisonniers de magnitude non exceptionnelle. Les plus significatives sont sans doute celles de Schneider (1957), Lewis (1981), Hurrell (1984) et Cijffers (1987) respectivement au sein des habitants des îles pacifiques de Yap, Cook et Tonga régulièrement touchées par des cyclones tropicaux. Les travaux de Zaman (1989, 1994, 1999 ; Haque and Zaman 1994) parmi des communautés du Bangladesh annuellement frappées par des inondations catastrophiques et ceux de Waddell (1975, 1983 ; Sillitoe, 1993) au sein de populations Enga de Nouvelle Guinée face au phénomène de gel ont également montré la capacité d'adaptation des sociétés traditionnelles face à des aléas climatiques saisonniers. Dans ce cas précis, les mesures de mitigation et de réhabilitation envisagées tiennent autant de l'expérience des populations que des croyances animistes qui sont associées aux cyclonesphénomènes naturels. Aux Philippines, certains groupes ethniques, survivant grâce aux seules ressources présentes dans leur environnement immédiat, montrent aussi de grandes capacités d'adaptation aux typhons récurrents qui balaient le Pacifique ouest durant la saison des pluies (Blolong, 1996 ; Philippine Institute of Volcanology and Seismology et alii, Tayag *et alii.*, 1998 ; Insaoriga, 1999 ; Heijmans, 2001). Au contraire, l'éruption brutale et très violente du mont Pinatubo en 1991 après plus de cinq siècles de sommeil se concrétisa par des changements culturels significatifs à court et moyen termes au sein des communautés aetas. Les violentes et aussi inattendues éruptions des monts Lamington et Rabaul en 1951 et 1994, après de longues périodes d'inactivité, ont tout autant surpris les différents groupes ethniques qui faisaient corps avec ces montagnes depuis des siècles.

L'étendue des dommages tient également un rôle important dans l'impact des catastrophes naturelles causées par des phénomènes naturels sur les sociétés traditionnelles. Dans le cas du mont Pinatubo, les villages aetas des pentes supérieures du volcan furent recouverts par plusieurs centimètres, voire plusieurs mètres de dépôts pyroclastiques et cendreux empêchant toute réoccupation immédiate des sites originels. Les *Aetas* n'ont eu d'autres choix que de se diriger vers les piémonts du volcan, à proximité géographique directe des groupes ethniques de plaine avec lesquelles se sont développées de nombreuses relations acculturantes (figure 4.2 p. 48). Le même phénomène se produisit au sein du village rural de Paricutín, au Mexique, totalement détruit par l'éruption du volcan du même nom en 1944. À la destruction du village s'ajouta l'infertilité à moyen terme des

terres communales. Les Tarascans n'avaient alors d'autres choix que d'accepter le programme de relogement du gouvernement mexicain à proximité d'un centre urbain au fort pouvoir d'acculturation. Au contraire de ces éruptions, inondations et cyclones autorisent beaucoup plus facilement la réoccupation immédiate des sites dévastés favorisant ainsi un prompt retour à la normale. C'est ce qui se produit notamment suite aux typhons qui dévastèrent la petite île polynésienne de Tikopia en 1952 et 1953. Ses habitants ne l'abandonnèrent pas (Spillius, 1957).

#### 4.5 La vulnérabilité et la capacité de résilience préalable à la catastrophe de la société affectée

L'examen attentif des études de cas mentionnées en première partie suggère que la vulnérabilité et la capacité de résilience des sociétés traditionnelles face aux aléas naturels dépendent de l'organisation sociale, du niveau préalable d'acculturation, des relations entre la communauté affectée et les groupes ethnolinguistiques voisins, de la diversité des ressources, de l'attachement culturel au site dévasté et de la taille de la société affectée. Le cas le plus frappant est celui du volcan Paricutín et des différents villages alentours déjà évoqués dans le présent article. Dans son étude au long cours, Nolan (1979 ; Nolan et Nolan, 1993) a parfaitement démontré que les réponses différenciées des populations des différents villages puisent leurs origines dans les caractéristiques intrinsèques des villages d'avant crise. L'exemple du Paricutín illustre que les changements culturels les plus profonds se produisent généralement au sein des communautés les plus traditionnelles au moment de l'occurrence du phénomène naturel dommageable. Au sein des sociétés les plus acculturées, les catastrophes jouent plutôt le rôle de catalyseurs de phénomènes depuis longtemps amorcés. Ce fut également le cas au mont Pinatubo où les changements les plus importants se sont manifestés au sein des communautés aetas les plus isolées sur les pentes sommitales du volcan. Au contraire, les populations installées depuis longtemps sur les piémonts de la montagne au contact des groupes ethniques de plaines se sont contentées de réajustements de leur mode de vie (Gaillard, en révision). La capacité de résilience des sociétés traditionnelles semble donc liée au niveau d'acculturation préalable à la catastrophe.

Le second facteur influant sur la réponse des sociétés traditionnelles aux catastrophes brutales est l'amplitude antérieure des différences socioculturelles entre les communautés traditionnelles sinistrées et les groupes ethnolinguistiques voisins ainsi que l'intensité des relations intergroupes. Il semble en effet que lorsque l'écart socioculturel est très important et les relations intergroupes limitées, les communautés traditionnelles soient peu résilientes et les changements culturels beaucoup plus profonds. L'exemple des *Aetas* du mont Pinatubo est révélateur. En effet, les *Aetas* des pentes

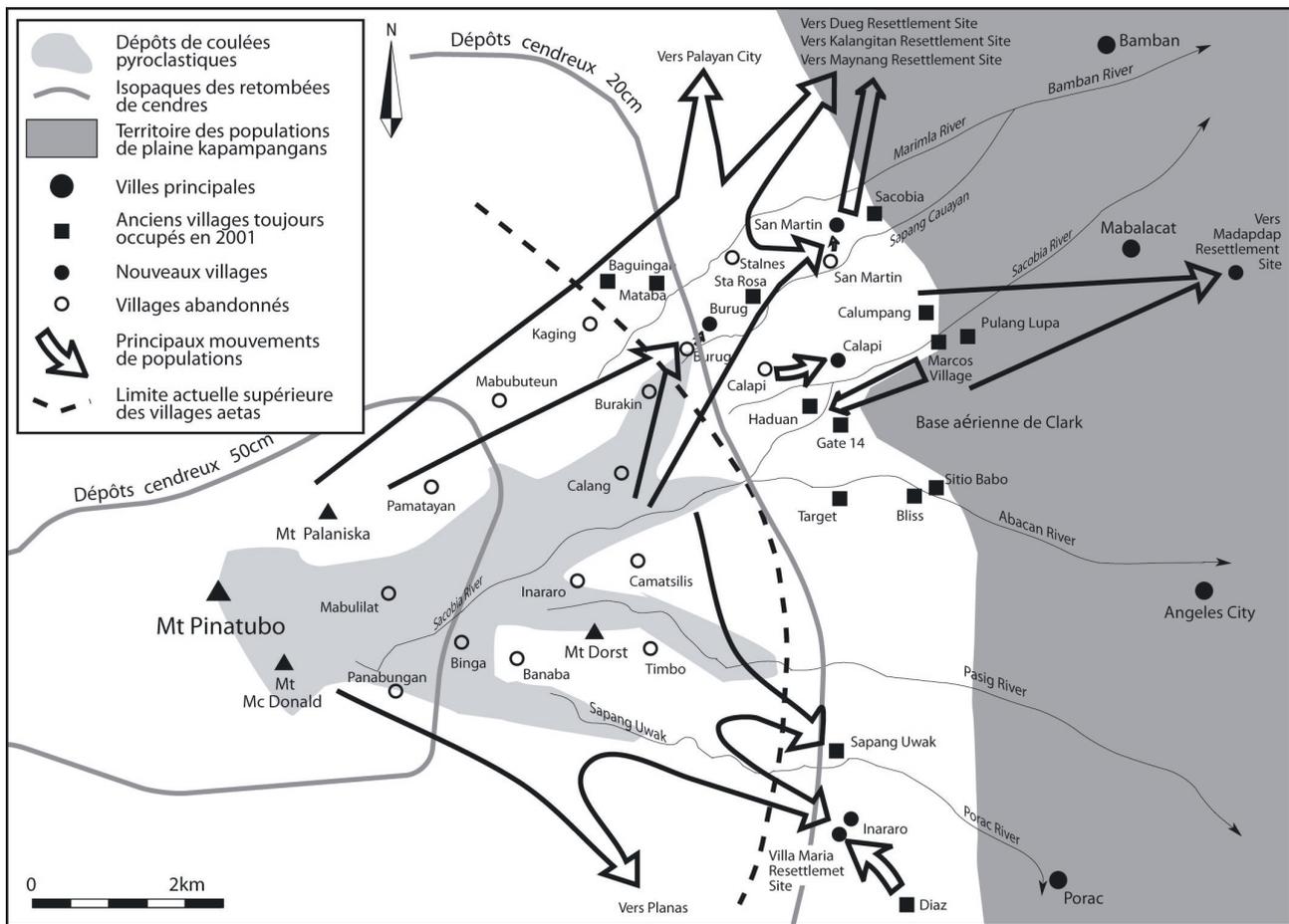


Fig. 4.2 Redistributions spatiales des villages aetas dans le bassin versant des rivières Pasig et Sacobia suite à l'éruption du mont Pinatubo en 1991 (adaptée de Gaillard, 2006)

supérieures du volcan, qui ont en grande partie découvert le mode de vie des groupes ethnolinguistiques des plaines à la suite de l'éruption de 1991, ont été les plus vulnérables à l'intrusion d'éléments socioculturels allochtones. Au contraire, au sein des communautés des piémonts de la montagne, aux contacts préalables réguliers avec les groupes voisins, les changements ont été beaucoup moins profonds (Gaillard, en révision).

La diversité des ressources au moment de la catastrophe est également un facteur important de résilience culturelle. Il est évident que les communautés survivant des seules ressources naturelles présentes dans leur environnement proche sont beaucoup plus vulnérables en cas de destruction complète ou même partielle de ces mêmes ressources. Dans le cas du mont Pinatubo, les communautés aetas des flancs supérieurs du volcan survivant des seules ressources naturelles disponibles dans les alentours immédiats se sont avérées incapables de se relever par elles mêmes des conséquences de l'éruption de 1991. Au contraire, les communautés préalablement installées sur les piémonts de la montagne disposaient de ressources plus variées et orientées vers le marché des plaines qui ont été beaucoup moins sévèrement affectées par l'éruption. Cet éventail plus élargi d'activités économiques permet à ces Aetas de moins se reposer sur

une aide extérieure acculturante. Au sein des communautés rurales du Belize, Hall (1983) a aussi noté que la pratique traditionnelle de la chasse et la cueillette permet de subvenir aux besoins quotidiens suites aux passages récurrents d'ouragans qui détruisent les ressources agricoles et amenuisent les ressources alimentaires. Dans les Tonga, Rogers (1981) mentionne que certains tubercules particulièrement résistants aux cyclones constituent une alternative viable à la destruction d'autres plantes alimentaires.

L'attachement culturel au site dévasté par une catastrophe occasionnée par un phénomène naturel est également essentiel. Dans le cas des volcans Lamington, Pinatubo et Rabaul, la montagne joue un rôle spirituel majeur et est au centre des croyances religieuses traditionnelles (Blong, 1982 ; Lubos na Alyansa ng mga Katutubong Ayta ng Sambales, 1991 ; To Waninara, 2000). Le déplacement et le relogement des victimes à distance de ces volcans a constitué une rupture culturelle importante pour les sociétés traditionnelles affectées. Au sein des Orokaivans du mont Lamington, Schwimmer (1977) a montré que la séparation de la terre natale impliquait la séparation d'avec les ancêtres qui sont supposés habiter la montagne. Un certain nombre de rites funéraires et natalistes se déroulant traditionnellement dans les champs de taros des pentes de la montagne ont également

dû être interrompus suite à l'éruption. L'abandon de tels rituels traditionnels associés aux secteurs affectés a également été observé au sein des communautés Tolai à la suite de l'éruption du volcan Rabaul (To Waninara, 2000). Dans ce cas précis, le réveil du volcan et la destruction des terres cultivables ont conduit à la déplétion de Tambu d'ordinaire généré par les produits de l'agriculture.

Le dernier facteur de vulnérabilité ou de résilience culturelle tient à la taille et à la proportion de la société affectée. En effet, si la société dans son ensemble est sinistrée suite à une catastrophe, des changements culturels apparaissent probables, notamment à cause de l'absence de communautés pouvant jouer le rôle de gardien des traditions préalables au désastre. Une telle situation se produisit en particulier au mont Pinatubo où aucune communauté aeta ne fut épargnée par les effets de l'éruption de 1991 (Gaillard, en révision). Dans le même ordre d'idée, l'éruption du mont Lamington en Papouasie Nouvelle Guinée en 1951 entraîna la mort de la plupart des représentants des générations les plus âgées de l'ethnie Sagara qui possédaient l'exclusivité de l'instruction religieuse traditionnelle. Ceci se traduisit par un abandon rapide de nombreuses références traditionnelles au profit d'innovations allochtones dont la pénétration fut facilitée par l'absence de frein de la part des anciens (Schwimmer, 1977).

#### 4.6 Le rôle du contexte géographique

L'importance du contexte géographique dans le degré de changement culturel subit par les sociétés traditionnelles au lendemain de catastrophes causées par des phénomènes naturels est directement liée à la nature du phénomène et au contexte socioculturel préalable. En effet, le contexte géographique inclut principalement l'existence ou non d'espaces disponibles dans un environnement similaire pour un relogement sans empiètement sur les territoires d'autres groupes ethnique ou culturels. Cela apparaît particulièrement évident lorsqu'une catastrophe frappe des milieux micro-insulaires. On pense notamment à l'éruption du volcan de Tristan de Cunha entre 1961 et 1962 qui força la totalité des habitants de cette petite île perdue au milieu de l'Atlantique sud à abandonner pour quelques années leur terre natale pour rejoindre la lointaine métropole britannique. La plupart des victimes de Tristan de Cunha y découvrirent un mode de vie totalement différent qui altéra profondément leur organisation sociale (Munch, 1964, 1970 ; Lewis *et alii*, 1972). Dans le cas du mont Pinatubo, cet espace disponible n'existait pas non plus. Les centres de relogements établis par le gouvernement pour accueillir les Aetas ainsi que les sites de redéploiement spontané empiètent sur les piémonts du volcan occupés par les groupes ethniques de plaines, favorisant ainsi des contacts de toutes sortes. Les tentatives des autorités de reloger les victimes dans des îles plus éloignées de l'archipel à l'environnement ressemblant mais non similaire ont par ailleurs échoué car les Aetas n'ont pu s'y

adapter (Gaillard et Leone, 2000).

Au contraire, l'exemple de la ville de Yungay suite au séisme qui frappa le Pérou en 1970 montre que l'existence d'espace suffisant à proximité immédiate de la communauté d'origine autorise les victimes à ne pas rompre les liens ancestraux les unissant à leur territoire. Les indiens de Yungay ont ainsi à maintenu les fondements de leur organisation sociale et culturelle. Dans ce cas précis, la disponibilité foncière tient autant à l'emprise spatiale relativement limitée du phénomène naturel dommageable (avalanche de débris) qu'à l'homogénéité ethnoculturelle de la région sinistrée (indiens *quechuas*). L'intime relation entre la nature du phénomène dommageable, le contexte socio-économique antérieur et le contexte géographique apparaît ici aussi indiscutable. À ces trois éléments clés s'ajoute toutefois un quatrième facteur : la politique de réhabilitation mise en place par les autorités concernées.

#### 4.7 La politique de réhabilitation de la zone sinistrée

Le quatrième et dernier facteur à l'origine de changements culturels au sein de sociétés traditionnelles suite à des catastrophes causées par des phénomènes naturels est la politique de réhabilitation de la zone sinistrée mise en place par les autorités. Plusieurs études ont montré que certains changements culturels ont été consciemment prémédités par les autorités en charge du relèvement des secteurs dévastés par des désastres. Il en fut ainsi lors du séisme qui secoua le Guatemala en 1976 à la suite duquel un certain nombre d'organisations non gouvernementales ont enseigné aux indiens *mayas* des techniques de construction allochtones afin de remplacer les édifices traditionnels en adobe accusés d'être à l'origine de l'effondrement d'un grand nombre de bâtiments (Bates, 1982 ; Cuny, 1983). Le même phénomène s'est produit à la suite du séisme qui secoua les montagnes du Yémen en 1982 (Leslie, 1987). Dans cet exemple précis, les changements culturels n'étaient pas teintés de connotations politiques et se sont soldés par une vulnérabilité réduite aux tremblements de terre. Ce ne fut par contre pas le cas au Mexique suite à l'éruption du volcan Parícutín, où les autorités gouvernementales ont été accusées d'utiliser la politique de relogement et les services sociaux qui l'accompagnaient pour « civiliser » les indiens (Nolan, 1979). Suite au réveil du mont Rabaul en 1994, le gouvernement de Papouasie Nouvelle Guinée a, de son côté, regroupé les communautés tolais affectées par l'éruption dans des centres de relogement au sein desquels l'organisation clanique préalable à l'éruption a disparu au profit de valeurs chrétiennes (To Waninara, 2000).

Les tentatives de manipulations politiques suite à des catastrophes ne sont toutefois pas toujours vouées au succès. On a déjà mentionné le refus immédiat et total des habitants de la ville de Yungay (Pérou) d'abandonner leur terre natale au profit de centres de relogement éloignés de quinze

kilomètres suite au séisme de 1970 (Oliver-Smith, 1992). À la suite de l'éruption du mont Pinatubo en 1991, certains responsables gouvernementaux se sont vantés de vouloir « civiliser » les Aetas au travers du programme de réhabilitation. Dans ce cas précis, il apparaît toutefois que les changements culturels sont apparus beaucoup plus graduellement suite au redéploiement de la population sur les piémonts du volcan et aux interactions croissantes avec les groupes ethniques de plaine qui s'en suivirent, notamment car un grand nombre d'Aetas ont progressivement quitté les centres de relogement pour s'installer sur des terres disponibles en périphérie (Gaillard, en révision). En 1946, les autorités tonganes ordonnèrent l'évacuation prématurée, et non justifiée au regard des seuls phénomènes volcaniques, des habitants de l'île de Niuafou'u, puis leur relogement sur l'île voisine de Eua en compagnies de population euane de culture différente. Malgré tout, trente ans après cet événement, les résidents de Niuafou'u sont parvenus à maintenir leur organisation sociale et leurs références culturelles préalables (Rogers, 1981).

Un troisième type d'exemple traduit le rôle des autorités dans les changements culturels qui peuvent intervenir au sein de sociétés traditionnelles à la suite de catastrophes « naturelles ». À la suite de l'éruption du mont Lamington en 1951, les membres de l'ethnie sasembata évacuèrent par groupes composés des habitants d'un même village, sous l'autorité des agents locaux du gouvernement papou. Ces derniers étaient également en charge de traiter avec le gouvernement central pour l'attribution de l'aide d'urgence et du programme de relogement. Pour ces raisons, l'autorité des agents gouvernementaux locaux surpassa très rapidement celle des leaders ethniques traditionnels, altérant ainsi profondément l'organisation sociale des Sasembatas (Schwimmer, 1977).

Les habitants de Tikopia touchés par deux cyclones puis une famine induite entre 1952 et 1953, ont au contraire organisé eux-mêmes la réhabilitation de cette petite île polynésienne dans le respect de leurs traditions. Les ajustements apportés afin de faire face à la période de crise ont été temporaires et le retour à la normale a été décrété dès que possible (Spillius, 1978 ; Torry, 1978a). Cet exemple démontre clairement la capacité des sociétés traditionnelles à faire face par elles-mêmes aux conséquences de catastrophes climatiques récurrentes.

Le programme de réhabilitation à la suite d'une catastrophe ne peut finalement pas être détachée de la politique globale tenue par les états vis-à-vis des sociétés traditionnelles. Dans la plupart des pays en voie de développement, pour tant les plus frappées par des catastrophes, la reconnaissance des sociétés traditionnelles est souvent inexistante. Lors de l'éruption du mont Pinatubo en 1991, il n'y avait par exemple pas de réglementation particulière pour la préservation des cultures minoritaires. Dans ces conditions, il était difficile d'imaginer des mesures spécifiques de protection de la culture aeta dans le cadre de la politique de réhabilitation mise en place à la suite de la catastrophe.

## 4.8 Conclusion

Cet article a permis de mettre en valeur un certain nombre de facteurs influençant les réponses des sociétés traditionnelles face à des catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels brutaux et les changements culturels qui en découlent. Il est évident que la nature des phénomènes dommageables, le contexte socioculturel préalable à la catastrophe, le contexte géographique et la politique de réhabilitation de la zone sinistrée varient nettement dans le temps et dans l'espace, d'un désastre à un autre.

Le tableau 4.1 p. 51 synthétise l'impact de ces différents facteurs pour les cas pris en exemples dans cette étude. Il apparaît clairement que les catastrophes ayant conduit à des changements culturels au sein des sociétés traditionnelles affectées ne se caractérisent pas par un dénominateur commun au regard des facteurs précédemment énoncés. En remontant plus haut dans le tableau on s'aperçoit toutefois que ces désastres sont souvent la conséquence du réveil de volcans après une longue période de sommeil. La relative rareté, la brutalité et l'emprise spatiale très large des éruptions volcaniques en font en effet de puissants vecteurs de changement culturel au sein des sociétés traditionnelles. Ceci est particulièrement évident dans les cas du réveil des volcans Paricutín, Lamington, Pinatubo et Rabaul. Au contraire, les sociétés traditionnelles démontrent une grande capacité de résistance aux phénomènes récurrents tels que les inondations ou les cyclones tropicaux. Cette dernière remarque renvoie à la question des modes d'ajustement aux aléas naturels. Burton *et alii* (1993 : 221) ont ainsi qualifié de « mode d'acceptation de l'endommagement », le type de réponse des sociétés traditionnelles caractérisé par l'acceptation consciente des pertes récurrentes dues aux catastrophes causées par des phénomènes naturels. Les mécanismes socio-culturels conduisant à de tels comportements sont toutefois mal connus. Les perspectives de recherche dans ce domaine peu étudié au niveau sociétal restent donc grandes ouvertes. Cette différenciation relativement aisée des phénomènes physiques impliqués ne doit toutefois pas masquer le fait que les changements culturels qui font suite à des catastrophes sont ancrés dans les contextes socio-économiques et politiques locaux. Ceux-ci méritent une attention particulière dans le cadre plus général de la gestion des catastrophes occasionnées par des phénomènes naturels. Des mesures qui se sont avérées efficaces et appropriées dans un cas ne le seront pas forcément dans un autre car les Philippines ne sont pas les Tonga, et le contexte guatémaltèque diffère de celui de Papouasie Nouvelle Guinée. La présente analyse s'inscrit donc dans une seule logique de gestion de catastrophes. Longtemps limitées au transfert de compétences des pays industrialisés vers les pays en développement, les politiques de gestions des désastres s'orientent désormais de plus en plus vers une approche plus locale des problèmes. Dans cette optique, les modèles, tels ceux existants pour évaluer l'impact des désastres en terme de changements culturels au sein des sociétés traditionnelles, n'apparaissent plus d'une

Tableau 4.1 Facteurs de changement culturel (en grisé) au sein des sociétés traditionnelles à la suite de quelques catastrophes causées par des phénomènes naturels

	Eruption du Paricutin 1943-52	Eruption du Niuafo'ou 1946	Typhons à Tikopia 1952-53	Eruption du Mt. Lamington 1951	Eruption de Tristan de Cunha 1961-62	Séisme du Perou Yungay 1970	Séisme du Guatemala 1976	Eruption du Mt. Pinatubo 1991	Eruption du Mt. Rabaul 1994
Références bibliographiques	Nolan, 1979 Nolan et Nolan, 1993	Rogers, 1981	Spillius, 1957 Torry, 1978	Ingleby, 1966 Schwimmer, 1977 Blong, 1984	Lewis et al., 1972	Oliver-Smith, 1992	Cuny, 1983	Gaillard, 2006	To Waninara, 2000
Nature du phénomène dommageable Magnitude Espacement temporel Etendue des dommages	Phénomène violent de longue durée - Volcan inconnu	Activité éruptive modérée	Phénomène récurrent et connu	Eruption brutale et violente après un long sommeil	Eruption brutale et violente après un long sommeil	Avalanche de débris très localisée	Séisme très violent	Eruption brutale et violente après un long sommeil	Eruption brutale et violente
Contexte socioculturel préalable Niveau d'acculturation préalable Attachement culturel au site Diversité des ressources Taille de la société affectée	Contexte très variable d'un village à un autre	Ensemble de la population évacuée	Ensemble de la communauté affectée	Rôle spirituel du volcan - Ensemble de la communauté affectée	Ensemble de la communauté affectée	Attachement très fort au site affecté - Ensemble de la ville ensevelie	Communauté maya partiellement affectée	Rôle spirituel du volcan - Ensemble de la communauté affectée	Rôle spirituel du volcan
Contexte géographique Espace disponible dans un environnement similaire	Espace disponible empiétant sur le territoire d'autres populations	Occupation de l'île possible	Réoccupation immédiate des zones affectées possible	Retour immédiat sur les pentes du volcan impossible	Ille totalement dévastée Réoccupation immédiate impossible	Réoccupation possible des abords de la ville d'origine	Réoccupation immédiate des zones affectées possible	Retour immédiat sur les pentes supérieures du volcan impossible	Retour immédiat sur les pentes du volcan impossible
Politique de réhabilitation des autorités et prises en compte politique des sociétés traditionnelles	Volonté politique d'intégration culturelle	Volonté politique de manipuler les victimes	Réhabilitation prise en charge par la communauté affectée	Strict contrôle des évacuations par des agents du gouvernement	Evacuation vers la métropole britannique	Rejet de la politique officielle de relogement	Réhabilitation mise en place par des ONG étrangères afin de réduire la vulnérabilité	Rejet partiel de la politique officielle de relogement	Rejet partiel de la politique officielle de relogement
Impact culturel à long terme	Changement culturel	Changement culturel	Continuité culturelle	Changement culturel	Changement culturel	Continuité culturelle	Changement culturel	Changement culturel	Changement culturel

importance cruciale. Ces cadres théoriques doivent plutôt être considérés comme des guides utiles à la réflexion, permettant de dégager les facteurs qui influencent les réponses des populations afin de mieux anticiper ces dernières lors de futures catastrophes.

#### 4.9 Bibliographie

- BATES F. L. (1982) — *Recovery, change and development : a longitudinal study of the 1976 Guatemalan earthquake* — University of Georgia, Athens.
- BATES F. L. & PEACOCK W. G. (1986) — Disaster and social change — Collectif, sous la direction de R. R. Dynes, B. de Marchi, C. Pelanda — *Sociology of disasters : contribution of sociology to disaster research* — F. Angeli, Milan, pp. 291-330.
- BELSHAW C. (1951) — Social consequences of the Mount Lamington eruption — *Oceania*, 21, pp. 241-253.
- BLAIKIE P., CANNON T., DAVIS I., WISNER B. (1994) — *At risk : natural hazards, people's vulnerability, and disasters* — Routledge, London, 284 p.
- BLOLONG R. R. (1996) — The Ivatan cultural adaptation to typhoons : a portrait of a self-reliant community from the indigenous development perspective — *Aghamtao : Journal of the Anthropological Association of the Philippines*,

8, pp. 13-24.

- BLOLONG R. J. (1982) — *The time of darkness : local legends and volcanic reality in Papua New Guinea* — Australian National University Press, Canberra.
- BLOLONG R. J. (1984) — *Volcanic hazards : a sourcebook on the effects of eruptions* — Academic Press, Sydney, 424 p.
- BURTON I. (1972) — Culture and personality variables in the perception of natural hazards — Collectif, sous la direction de J. F. Wohlwill & D. H. Carson D. H. — *Environment and the social sciences : perspectives and applications* — American Psychological Association Inc, Washington, pp. 184-195.
- BURTON I., KATES R. W., WHITE G. F. (1993) — *The environment as hazard* — 2nd éd., The Guilford Press, New York, 290 p.
- CANNON T. (1994) — Vulnerability analysis and the explanation of 'natural' disasters — Collectif, sous la direction de A. Varley — *Disasters, development and environment* — J. Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp. 13-30.
- CHESTER D. K. (1993) — *Volcanoes and society* — Edward Arnold, London, 351 p.
- CLIFFERS K. M. (1987) — Disaster relief : doing things badly — *Pacific Viewpoint*, 28 (2), pp. 95-117.
- CUNY F. C. (1983) — *Disasters and development* — Oxfam/Oxford University Press, New York, 278 p.
- D'ERCOLE R. (1998) — Approches de la vulnérabilité et

- perspectives pour une meilleure logique de réduction des risques — *Pangea*, 29/30, pp. 20-28.
- DYNES R. (1976) — The comparative study of disaster : a social organizational approach — *Mass Emergencies*, 1 (1), pp. 21-32.
- GAILLARD J.-C. & LEONE F. (2000) — Implications territoriales de l'éruption du Mont Pinatubo pour la minorité ethnique aeta : cas des basins versants des rivières Pasig et Sacobia (provinces de Pampanga et Tarlac, Philippines) — *Cahiers Savoisiens de Géographie*, 1 (2000), pp. 53-68.
- GAILLARD J.-C. (2006) — Traditional communities in the face of natural hazards : the 1991 Mt Pinatubo eruption and the Aetas of the Philippines — *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 24 (1), sous presse.
- HALL J. A. (1983) — The place of climatic hazards in food scarcity : a case study of Belize — Collectif, sous la direction de K. Hewitt — *Interpretation of calamities* — The risks and hazards series #1, Allen & Unwin Inc., Boston, pp. 140-161.
- HAQUE E. & ZAMAN M. Q. (1994) — Vulnerability and responses to riverine hazards in Bangladesh : a critique of flood control and mitigation approaches — Collectif, sous la direction de A. Varley — *Disasters, development and environment* — J. Wiley & Sons, Chichester, pp. 65-79.
- HEIJMANS A. (2001) — *Vulnerability : a matter of perception* — Disaster Management Working Paper 4/2001, Benfield Greig Hazard Research Centre, University College of London, London, 17 p.
- HEWITT K. (1983) — The idea of calamity in a technocratic age — Collectif, sous la direction de K. Hewitt — *Interpretation of calamities* — The risks and hazards series #1, Allen & Unwin Inc., Boston, pp. 3-32.
- HEWITT K. (1997) — *Regions of risk : a geographical introduction to disasters* — Longman, Harlow, 389 p.
- HOFFMAN S. M. (1999) — After Atlas shrugs : cultural change or persistence after a disaster — Collectif, sous la direction de A. Oliver-Smith & S. M. Hoffman — *The angry earth : disaster in anthropological perspective* — Routledge, London, pp. 302-325.
- HURELL J. (1984) — Mitigation through rehabilitation : Tonga's cyclone Isaac — *Proceedings of the international conference on disaster mitigation program implementation* (vol. 2) — Ocho Rios, 12-16 novembre 1984, pp. 198-211.
- INGLEBY I. (1966) — mont Lamington fifteen years after — *Australian Territories*, 6, pp. 28-34.
- INSAURIGA S. I. (1999) — *Natural hazard awareness and disaster preparedness among the Bagobos of Mindanao* — Mémoire de Master, University of Santo Tomas, Manila, 84 p.
- KATES R. W. (1971) — Natural hazard in human ecological perspective : hypotheses and models — *Economic Geography*, 47 (3), pp. 438-451.
- KATES R. W., HAAS J. E., AMARAL D. J., OLSON R. A., RAMOS R., OLSON R. (1973) — Human impact of the Managua earthquake — *Science*, 182 (4116), pp. 981-990.
- KEESING F. M. (1952) — The Papuan Orikaiva vs. mont Lamington : cultural shock and its aftermath — *Human Organization*, 11, pp. 26-22.
- KLEIN R. J. T., NICHOLLS R. J., THOMALLA F. (2003) — Resilience to natural hazards : how useful is this concept ? — *Environmental Hazards*, 5, pp. 35-45.
- Collectif, sous la direction de A. Lavell (1997) — *Viviendo en riesgo : comunidades vulnerables y prevención de desastres en America Latina* — La Red, Lima, 285 p.
- LESLIE J. (1987) — Think before you build, experiences after the Yemen earthquake — *Open House International* — 12 (3), pp. 43-49.
- LEWIS J. (1981) — Some perspectives on natural disaster vulnerability in Tonga — *Pacific Viewpoint*, 22 (2), pp. 145-162.
- LEWIS H. E., ROBERTS D. F., EDWARDS A. W. F. (1972) — Biological problems, and opportunities, of isolation among the islanders of Tristan da Cunha — Collectif, sous la direction de D. V. Glass & R. Revelle — *Population and social change* — E. Arnold, London, pp. 383-417.
- Lubos na Alyansa ng mga Katutubong Ayta ng Sambales (1991) — *Eruption and exodus : mont Pinatubo and the Aytas of Zambales* — LAKAS, Botolan, 122 p.
- MASKREY A. (1989) — *Disaster mitigation : a community based approach* — Development Guidelines No. 3, Oxfam, Oxford, 100 p.
- MILETI D. S., DRABEK T. E., HAAS J. E. (1975) — *Human systems in extreme environments : a sociological perspective* — Institute of Behavioral Science, University of Colorado, Boulder, 165 p.
- MUNCH P. A. (1964) — Culture and superculture in a displaced community : Tristan da Cunha — *Ethnology*, 3 (4), pp. 369-376.
- MUNCH P. A. (1970) — Economic development and conflicting values : a social experiment in Tristan da Cunha — *American Anthropologist*, 72 (6), pp. 1300-1318.
- Nations Unies — Département des Affaires Humanitaires (1992) — *Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la gestion des catastrophes* — UNDHA, Genève, 83 p.
- NOLAN M. L. (1979) — Impact of Parícutin on five communities — Collectif, sous la direction de P. D. Sheets & D. K. Grayson — *Volcanic activity and human ecology* — Academic Press, New York, pp. 293-335.
- NOLAN M. L. & NOLAN (S.) (1993) — Human communities and their responses — Collectif, sous la direction de J. F. Luhr & T. Simkin — *Parícutin : the volcano born in a Mexican cornfield* — Geoscience Press Inc., Phoenix, pp. 189-214.
- OLIVER-SMITH O. (1977) — Traditional agriculture, central places, and post-disaster urban relocation in Peru — *American Ethnologist*, 4, pp. 102-116.
- OLIVER-SMITH O. (1979a) — Post disaster consensus and conflict in a traditional society : the 1970 avalanche of

- Yungay, Peru — *Mass Emergencies*, 4, pp. 43-45.
- OLIVER-SMITH O. (1979b) — Disaster rehabilitation and social change in Yungay, Peru — *Human Organization*, 36 (1), pp. 5-13.
- OLIVER-SMITH O. (1979c) — The Yungay avalanche of 1970 : anthropological perspective on disaster and social change — *Disasters*, 3 (1), pp. 95-101.
- OLIVER-SMITH O. (1986) — *The martyred city : death and rebirth in the Andes* — Waveland Press, Prospect Park, 250 p.
- OLIVER-SMITH A. (1996) — Anthropological research on hazards and disasters — *Annual Review of Anthropology*, 25, pp. 303-328.
- PANELL S. (1999) — Did the earth move for you? The social seismology of a natural disaster in Maluku, Eastern Indonesia — *The Australian Journal of Anthropology*, 10 (2), pp. 129-143.
- Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration and Ugnayang Pang-Aghamtao Foundation Inc. (1998) — *Natural disaster management among Filipino cultural communities* — Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, Ugnayang Pang-Aghamtao Foundation, Inc., Quezon City, p.
- SCHNEIDER D. (1957) — Typhoon on Yap — *Human Organization*, 16, pp. 10-15.
- SCHWIMMER E. G. (1977) — What did the eruption mean? — Collectif, sous la direction de M. D. Leimer — *Exiles and migrants in Oceania* — University of Hawaii Press, Honolulu, pp. 296-341.
- SILLITOE P. (1993) — A ritual response to climatic perturbations in the Highlands of Papua New Guinea — *Ethnology*, 32 (2), pp. 169-185.
- SJOBERG G. (1962) — Disasters and social change — Collectif, sous la direction de G. W. Baker & D. W. Chapman — *Man and society in disaster* — Basic Books, New York, pp. 356-384.
- SPILLIUS J. (1957) — Natural disaster and political crisis in a Polynesian society : an exploration of operational research — *Human Relations*, 10 (1), pp. 3-27.
- SUSMAN P., O'KEEFE P., WISNER B. (1983) — Global disasters, a radical interpretation — Collectif, sous la direction de K. Hewitt — *Interpretation of calamities* — The risks and hazards series #1, Allen & Unwin Inc., Boston, pp. 263-283.
- TORRENCE R. (2002) — What makes a disaster? A long-term view of volcanic eruptions and human responses in Papua New Guinea — Collectif, sous la direction de R. Torrence & J. Grattan — *Natural disasters and cultural change* — Routledge, London, pp. 28-41.
- TORRENCE R. (2003a) — *Problems of scale : evaluating the effects of volcanic disasters on cultural change in West New Britain, Papua New Guinea* — Présentation durant le « XVI<sup>e</sup> INQUA Congress », 24-30 juillet 2003, Reno, Nevada.
- TORRENCE R. (2003) — *Gradual vs. punctuated change : the importance of scale in evaluating disasters* — Présentation durant la V<sup>e</sup> session du « World Archaeological Congress », 21-26 juin 2003, Washington D.C.
- TORRY W. I. (1978a) — Natural disasters, social structure and change in traditional societies — *Journal of Asian and African Studies*, 13 (3-4), pp. 167-183.
- TORRY W. I. (1978b) — Bureaucracy, community, and natural disasters — *Human Organization*, 37 (3), pp. 302-308.
- TORRY W. I. (1979) — Anthropological studies in hazardous environments : past trends and new horizons — *Current Anthropology*, 20 (3), pp. 517-540.
- TO WANINARA C.G. (2000) — *The 1994 Rabaul volcanic eruption : human sector impacts on the Tolai displaced communities* — Melanesian Research Institute, Goroka, [www.pngbuai.com/600technology/information/waigani/rabaul-volcano/WS97-sec15-WANINARA.html](http://www.pngbuai.com/600technology/information/waigani/rabaul-volcano/WS97-sec15-WANINARA.html) Accédé le 16 mars 2005.
- WADDELL E. (1974) — Frost over Niugini : a retrospect on bungled relief — *New Guinea*, 8 (4), pp. 39-49.
- WADDELL E. (1975) — How the Enga cope with frost : responses to climatic perturbations in the Central Highlands of New Guinea — *Human Ecology*, 3, pp. 249-273.
- WADDELL E. (1983) — Coping with frosts, governments and disaster experts : some reflections based on a New Guinean experience and a perusal of the relevant literature — Collectif, sous la direction de K. Hewitt — *Interpretation of calamities* — The risks and hazards series #1, Allen & Unwin Inc., Boston, pp. 33-43.
- ZAMAN M. Q. (1989) — The social and political context of adjustment to riverbank erosion hazard and population resettlement in Bangladesh — *Human Organization*, 48 (3), pp. 196-205.
- ZAMAN M. Q. (1994) — Ethnography of disasters : making sense of flood and erosion in Bangladesh — *The Eastern Anthropologist*, 47 (2), pp. 129-155.
- ZAMAN M. Q. (1999) — Vulnerability, disaster, and survival in Bangladesh : three case studies — Collectif, sous la direction de A. Oliver-Smith & S. M. Hoffman — *The angry Earth : disaster in anthropological perspective* — Routledge, London, pp. 192-212.

## Remerciements

L'auteur tient à remercier Iwan Le Berre (Université de Bretagne Occidentale) et Stéphane Héritier (Université de Savoie) pour leurs précieux conseils lors de la finalisation de cet article.



## 5 La cartographie et le zonage du risque volcanique au Japon : impasse ou modèle à suivre ?

Marie AUGENDRE

Département de géographie, LRGE-UMR 5600, Université  
Lumière Lyon 2, 5 avenue Pierre-Mendès-France, 69676  
Bron Cedex, France

marie.augendre@univ-lyon2.fr

**Résumé.** — L'équivalent des cartes de risque et des zonages coercitifs tel que les appliquent les P.P.R. français n'existe pas au Japon. Les cartes de risques volcaniques, plus justement appelées « carte de prévention des risques » le plus souvent, sont là-bas des instruments de prévention destinés à la gestion de crise plus que des outils d'aménagement du territoire. La coexistence avec les volcans, qui valorise leurs facettes profitables, se traduit donc moins par des mesures codifiant l'usage du sol que par des efforts en matière d'information et d'éducation des populations riveraines. En 2004, l'abandon d'un projet de zone à construction réglementée autour du mont Usu, unique au Japon, et la publication de la carte de risque du mont Fuji, qui devrait servir de base à une méthodologie renouvelée de cartographie, montrent que le pays suit une voie inédite non, sans lacunes, mais dont la force principale réside dans la responsabilisation des populations.

**Mots-clés.** — Japon, mont Fuji, mont Usu, risque volcanique, cartographie, zonage.

**Title.** — *The volcanic risk cartography in Japan : a dead-end or a model to follow-up ?*

**Abstract.** — There is no equivalent in Japan for the French « PPR » risk prevention plans zoning or risk maps. The volcanic hazard maps, often more properly called risk prevention maps, are there prevention instruments for crisis management rather than land planning tools. The coexistence with volcanoes, that enhance the value of their benefits, is consequently expressed by efforts in the field of local residents' information and education rather than by land use restrictions. In 2004, the unique in Japan mount Usu restricted construction zone project has been cancelled and a mount Fuji hazard map, which is expected to found a renovated cartography methodology, has been published. These events show that Japan is following a novel path, which main force, despite some deficiencies, is the inhabitants' liability improvement.

**Key-words.** — Japan, mount Fuji, mount Usu, volcanic risk, cartography, zoning.

### 5.1 Introduction

Le 1<sup>er</sup> février 2005, quatre ans et cinq mois après l'éruption sur l'île de Miyakejima, à environ 200 km au sud de Tôkyô, le maire a levé l'ordre d'évacuation alors que les émissions de dioxyde de soufre se sont stabilisées mais persistent. Il faudra aux résidents qui commencent à retourner chez eux reconstruire leur économie, faire entrer les masques à gaz et les abris confinés dans leur quotidien, tandis que près de la moitié de l'île restera inaccessible en raison des gaz toxiques.

Le Japon est souvent qualifié de « pays des catastrophes naturelles », qui subit tout à la fois, sous l'impact combiné du climat tropical et de la tectonique de la ceinture de feu : séismes, éruptions, typhons, tsunamis, inondations et glissements de terrains ou encore chutes de neige massives. D'une certaine manière la vie des insulaires de Miyakejima figure donc celle de l'ensemble des Japonais, qui se sont adaptés d'une manière presque déconcertante aux contraintes d'une nature parfois inquiétante.

Le contrôle de l'érosion par les barrages *sabô* (littéralement de « protection contre les sables »), les aménagements de proximité pour l'évacuation ou les efforts locaux conduits en matière d'information et d'éducation sont l'une des forces de la gestion du risque. Mais contrairement à la France où la prévention est bien engagée avec les Plans de Prévention des Risques (P.P.R.), les prescriptions et le fond Barnier associés, il est assez étonnant a priori que dans l'archipel un zonage de ce type n'existe pas, que le seul projet s'en approchant (autour du mont Usu, aux éruptions récurrentes) aie finalement été avorté, et que la dernière carte de risque publiée, celle du mont Fuji, soit toujours destinée à la gestion de crise plutôt qu'à l'aménagement.

Dans le cas du volcanisme, prédictible mais incontrôlable, l'évacuation en cas de crise est un compromis temporaire souvent indispensable. Sa préparation confère un rôle fondamental à la cartographie, outil d'information et de gestion efficace pour atténuer la vulnérabilité des populations menacées. De quelle manière le risque volcanique est-il cartographié au Japon, et quelle est la pertinence d'un modèle qui veut éluder le zonage ? Une première difficulté réside dans la dénomination même de ces cartes et dans l'identification de leur objet. Il conviendra ensuite de présenter toute la richesse et la diversité des cartes de risque volcanique, avant de montrer l'orientation récente de la mise en espace du

risque volcanique, qui, sans refuser la territorialisation du danger, l'envisage de façon inédite.

## 5.2 Terminologie

### 5.2.1 Risque, vulnérabilité et coexistence

Si les éruptions causent régulièrement des dégâts autour des volcans actifs japonais, ceux-ci n'en cristallisent pas moins des usages qui, de longue date ou plus récemment, tirent profit de leur présence, notamment à travers l'agriculture traditionnelle ou encore par la plus récente mise en tourisme des lieux autour des onsen (eaux thermales) et des sites éruptifs (écotourisme). Ces nombreux bienfaits justifient largement une volonté de coexistence dont la portée s'étend loin au delà d'un risque toléré ou encore acceptable. Les Japonais se sont adaptés depuis plusieurs siècles au risque, et l'approche du cas japonais impose plus qu'ailleurs de considérer ce que November (2000) appelle la « dimension positive du risque ». Pelletier (2003) a explicité toute l'ambiguïté de la perception et de l'idée même de risque naturel au Japon : le terme utilisé de *saigai* renvoie à une conception de la nature où la *contrepartie positive* du risque est valorisée de manière récurrente et beaucoup plus nettement que dans l'imaginaire occidental. Cet aspect profitable est au cœur de la notion de coexistence, souvent alléguée depuis une décennie au Japon pour traduire la réponse sociale au risque, et présentée comme l'avantage d'occuper, utiliser et développer les espaces de danger tout en prenant des dispositions pour en limiter la vulnérabilité. Le terme de « vulnérabilité<sup>1</sup> », rend aussi mal, dans le contexte japonais, la façon dont le risque s'intègre à la nature, qui prodigue aussi de nombreux bienfaits (*megumi*, « bénédiction »). On pourrait ici, en considérant le temps long, réintroduire la notion de *chance* ou plutôt de *fortune* — la bonne fortune, celle qui apporte du profit (figure 5.1). Cette conception n'est pas absente dans le contexte occidental — elle a par exemple toujours été sous-jacente dans le cas des rives fluviales en France, lieu de toutes les prises de risque, mais elle est de plus en plus obliérée.

### 5.2.2 Les « cartes de risques »

Tout comme la notion de « risque » est difficilement traduisible, celle de « carte de risque » ne fait pas non plus l'objet d'un consensus ni d'une norme univoque (tableau 5.1 p. 57). L'expression japonaise attendue pour traduire « carte de risque » pourrait être *saigai* (risque) *chizu* (carte), mais elle est inusitée. Certaines cartes s'intitulent *saigai kiken kuiki yosoku zu* (carte de prévision des zones de danger et de risque), une dénomination qui a la faveur des éditeurs pour son caractère explicite, les idéogrammes eux-mêmes étant porteurs de sens. L'expression la plus courante, de

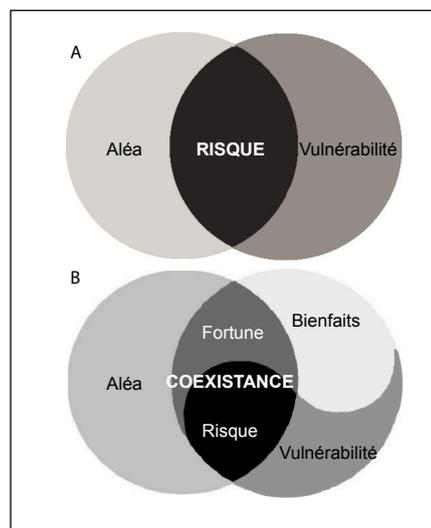


Fig. 5.1 La définition du risque généralement admise (A) et la conception du risque au Japon (B)

signification un peu différente, reste *bôsai mappu*, *bôsai* désignant la prévention des *saigai*. L'anglicisme *hazâdo mappu* (hazard map), n'incluant aucun idéogramme et probablement peu compréhensible pour le Japonais moyen, est aussi employé. *Hazâdo* se substitue à *kiken*, traduisible par danger, péril, risque. Mais il désigne tout autant les « obstacles » sur un parcours de golf ! La signification se complique encore si l'on considère la définition de l'anglais *hazard*, employé sans toujours de distinction avec *risk* pour signaler ce qui peut causer dommage dans la langue courante (*Oxford advanced learner's dictionary*, Oxford Univ. Press, 2000). Cet emprunt à l'anglais semble plus récent : il n'apparaît par exemple qu'en 1998 pour la carte du Komagatake, pourtant révisée très régulièrement.

## 5.3 La cartographie du risque volcanique au Japon

### 5.3.1 Historique

La méthodologie japonaise de cartographie de l'aléa et du risque, théorisée précocement et renouvelée récemment, est un modèle à plusieurs titres, notamment par sa diversité thématique et l'attention toute particulière portée à l'information des riverains. En théorie au moins, elle individualise au départ des cartes destinées aux administrateurs et des cartes pour le public. En pratique, pas plus les premières que les secondes ne posent de réelles conditions d'aménagement, et elles montrent bien les ambiguïtés de la prévention. La cartographie de l'aléa, fondée sur les événements historiques et la géologie, est pratiquée par les volcanologues depuis une trentaine d'années et s'est traduite par des types de cartes d'aléa aussi variés que les processus éruptifs en jeu. Les cartes de risques spécifiquement destinées à la gestion de crise sont apparues beaucoup plus récemment. Un guide

<sup>1</sup> Traduit par *zejaku-sei*, qui combine le caractère qui signifie la fragilité (*zei*), et celui de la faiblesse (*jaku*, qui signifie aussi la souplesse, l'adaptation).

Tableau 5.1 La nomenclature des cartes de risque en vigueur au Japon

terme employé	lecture	traduction et emploi
災害地図	<i>saigai chizu</i>	« carte de risque », traduction littérale inusitée
災害危険区域予備図	<i>saigai kiken kuiki yosoku zu</i>	"carte de prévision des zones de danger et de risque", utilisé pour 6 cartes sur 34 existantes
防災 マップ	<i>Bōsai mappu</i>	« carte de prévention des saigai », utilisé pour 2/3 des cartes publiées
ハザード マップ	<i>Hazādo mappu</i>	importé de l'anglais <i>hazard map</i> , utilisé quasi systématiquement en complément d'une des deux autres appellations, dans 6 cartes publiées après 1998

national détaillé, partiellement traduit en anglais, a été publié pour la préparation des *volcanic hazard maps*<sup>1</sup> par le *Kokudochō* (National land agency, 1992), secrétariat d'État au Territoire. Cet organisme de création récente (1972) apparaît après la loi de 1968, qui pose un premier cadre législatif avec un zonage fort au moins pour les grandes villes.

Il pointe la nécessité d'une meilleure évaluation du danger, d'une mise en place de plans de prévention adéquats, d'une amélioration de la conscience du risque des résidents, et évoque aussi explicitement le besoin de recommandations sinon de directions pour un usage du sol approprié.

Le premier document destiné à la prévention du risque volcanique est publié en 1981 pour le Komagatake, en partie sous l'impulsion de l'éruption voisine du Mont Usu en 1977-1978. Il s'agit en fait d'un poster de format A3 intitulé « prenez vos précautions contre une éruption du Komagatake », qui regroupe les informations pratiques nécessaires en cas d'évacuation (adresses des points de rassemblement, contacts utiles, conduite à tenir et biens de première nécessité à emporter). Volcan de rang A situé à Hokkaidō, dans un contexte rural éloigné de ce que suggèrent les immeubles dessinés sur le poster, le Komagatake a fait l'objet de publications récurrentes d'un conseil local ad hoc réunissant les cinq collectivités locales impliquées (figure 5.2 p. 58). Ces posters montrent bien comment ont évolué les cartes de risque pendant les vingt dernières années. La carte elle-même, de conception très basique, apparaît seulement à partir de la 3<sup>e</sup> édition (1986), et occupe une place très limitée. Elle individualise simplement trois zones de danger en fonction de la proximité du sommet (moins de 7 km, de 7 à 11 km, au delà). En 1992 (5<sup>e</sup> édition), une carte au 1/50 000<sup>e</sup> avec estompage de grand format vient la compléter. À partir de 1995 (6<sup>e</sup> édition), la cartographie, intégrée dans un manuel de prévention (*bōsai hand book*, 16 p.) prend une ampleur conséquente et individualise les différents aléas (chutes de projectiles, coulées pyroclastiques et lahars). En 1998 (8<sup>e</sup> édition, 20 p.), la polychromie et l'apparition de l'anglicisme « hazard map » donnent une tonalité plus moderne à un document dont les grandes lignes varient peu sinon. La 9<sup>e</sup> édition, dernière en date, est publiée en 2002.

### 5.3.2 Cartes récentes et choix de zonage

Il existe désormais trente-quatre cartes de risque, sur un

total de 108 volcans actifs recensés (figure 5.3 p. 59). Ces cartes accordent une place souvent importante aux éruptions passées, et les scénarios retenus prennent en compte la topographie et des conditions de vent — ces deux paramètres étant déterminants pour une activité qui se résume pour l'essentiel, à des écoulements et des projections. Les autres points communs partagés par la plupart des cartes sont les suivants : elles ne constituent qu'une portion de l'information proposée, qui est souvent constituée d'autres éléments pouvant occuper l'essentiel de la mise en page et déboucher sur un véritable livret (manuel). Ces informations pratiques incluent des consignes pour l'évacuation (conduite à tenir, lieux, numéros utiles, liste des biens de première nécessité à emporter avec soi), des données de vulgarisation sur les processus éruptifs attendus, des rappels sur les éruptions passées. Ces informations s'appuient sur une mémoire collective souvent vivante en raison de la récurrence des éruptions. L'iconographie en couleur est riche de croquis, de photos plus récemment. Son ton pédagogique est assuré par des dessins de style BD, usuels au Japon, et des rubriques explicatives détaillées (F.A.Q., lexique volcanologique). Cinq d'entre elles, dont celles des sites touristiques situés aux abords du mont Fuji et de la région voisine d'Hakone, présentent aussi les bienfaits quotidiens et la beauté des sites offerts par les volcans. Rares sont celles par contre qui proposent une version bilingue pour les visiteurs étrangers (seulement pour le Meakan dake et le mont Usu, à Hokkaidō).

Par contre les périmètres et les limites indiquées dans ces scénarios éruptifs n'incluent pas d'informations sur la communauté exposée au risque en dehors d'un fond de carte topographique éventuel. Les densités, les enjeux, données quantifiables sur lesquelles portent plusieurs recherches contemporaines en France par exemple, ne sont pas exprimées explicitement. Malgré les intentions de principe du guide national, les résistances locales à l'affichage concret du risque perdurent, et les contradictions sont loin d'être résolues. Les exemples du projet de zonage au mont Usu et de la carte de risque du Mont Fuji tendent en tout cas à le prouver.

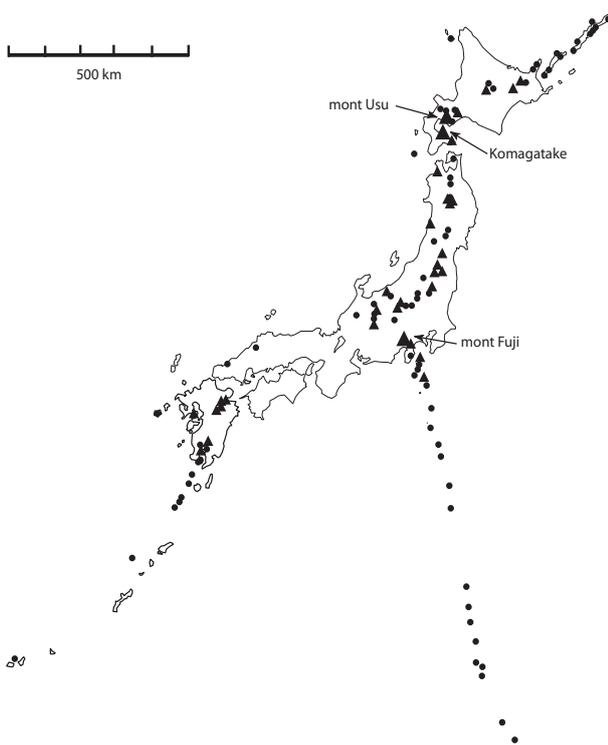
## 5.4 Un refus du zonage persistant

### 5.4.1 L'abandon du zonage au mont Usu

Le Japon a finalement abandonné en juin 2004 le premier projet de zonage du risque, qui visait à mieux contrôler l'usage du sol autour d'un volcan actif d'Hokkaidō, le mont Usu, dont les éruptions se succèdent pourtant régulièrement (1910, 1943-1945, 1977, 2000). Après la dernière éruption, un ambitieux zonage avait été planifié par les trois communes situées à son pied. Il incluait une zone « A » non constructible ; une zone « X », sommet du cône de déjection destiné à des ouvrages *Sabō* ; une zone « B », zone tampon inconstructible (projet de parc végétalisé avec digues *Sabō*) ; et une zone « C », zone constructible mais réglemen-

<sup>1</sup> Suite aux éruptions d'Ōshima (1986), du Tokachidake (1989) et de l'Unzen (1991).





Modifié d'après [www.gsj.jp/database/vhazard/](http://www.gsj.jp/database/vhazard/)

Fig. 5.3 Localisation des 108 volcans actifs au Japon, dont les 34 triangles dotés d'une carte de risque au 31 août 2004

tée (commerces et bâtiments publics fréquentés à la journée seulement, relocalisation conseillée pour le bâti existant). Dans le même temps, le redéploiement des centres urbains riverains du lac était prévu, de façon à limiter l'urbanisation et la concentration de fonctions vitales dans l'aire à risque. Comparable aux PPR français, ce projet était par contre sans équivalent au Japon où la tentative de planification visant à enrayer l'extension urbaine désordonnée de la Haute Croissance (période 1955-1973) avait échoué. En effet, le projet de loi de l'époque prévoyait bien des zones de protection où les aménagements seraient strictement interdits, mais la loi promulguée en 1968 n'inclut plus aucune zone de cette nature. Plus permissive, elle laisse au contraire des « espaces indéterminés » aux règlements flous, notamment dans les petites villes (Doi, 1995). Dans les régions volcaniques, souvent rurales, on peut comprendre que cette absence de tradition ne facilite pas la mise en place de réglementations. Témoin de ces difficultés, l'abandon du projet de zonage du mont Usu s'explique autant à cause du refus d'implication financière de l'État central que pour éviter localement le casse-tête d'un tracé précis des frontières entre zones réglementées ; une façon, en quelque sorte, de reconnaître que les études scientifiques n'ont pas un statut intangible, tout en éludant la négociation et incidemment la confrontation qui pourrait en résulter, entre des acteurs et leurs intérêts contradictoires : demande sécuritaire des résidents et prévention des risques d'un côté, pression foncière sur un territoire attractif et développement du tourisme de l'autre.

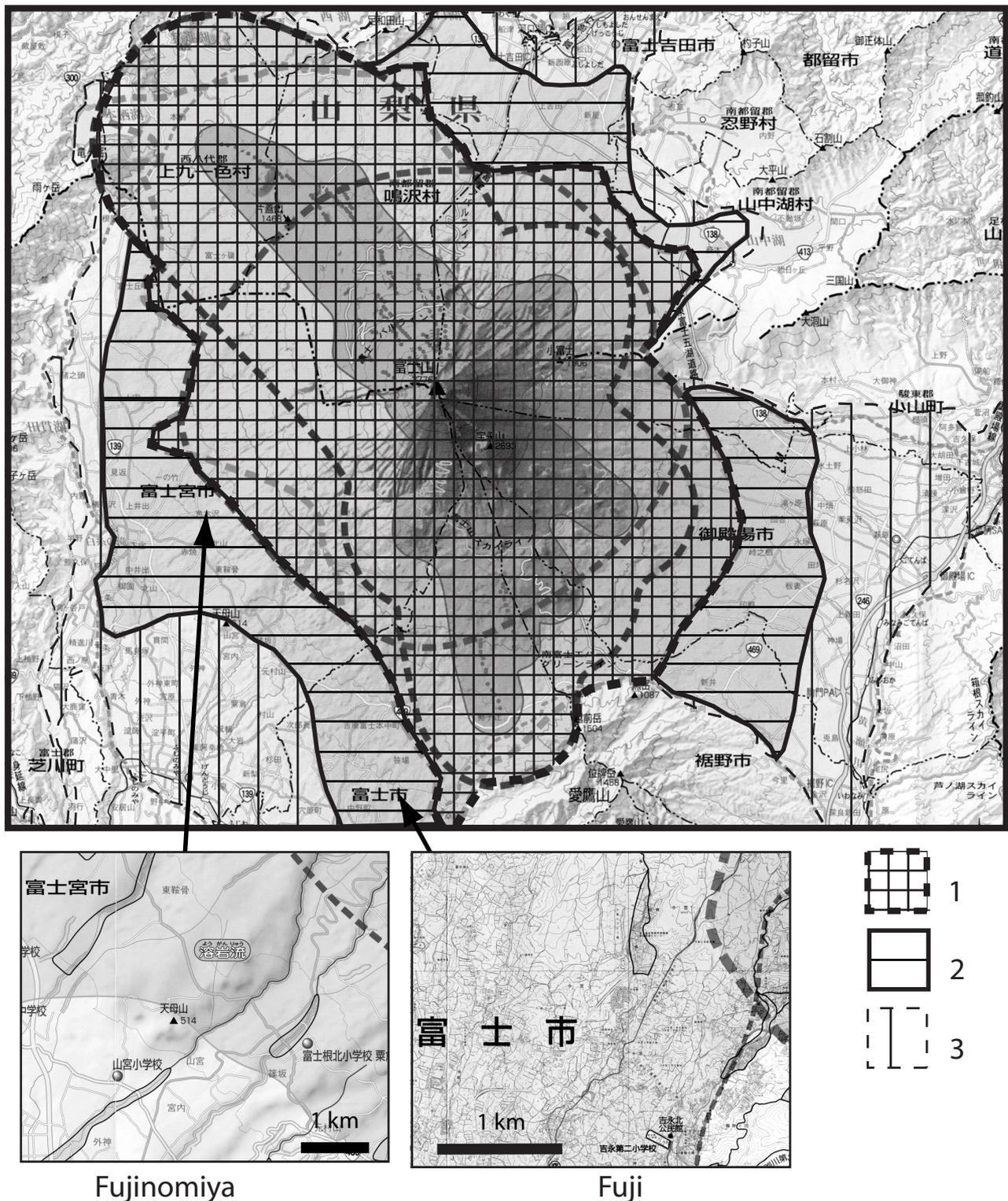
Ce revirement n'est pas nécessairement un retour en arrière : le parc sabô est en cours d'achèvement, les acteurs locaux sont en quête de mesures de prévention alternatives. Mais la disparition de la zone C porte un coup dur à toute tentative future de zonage du risque à l'échelle du pays.

#### 5.4.2 La nouvelle cartographie (mont Fuji)

Le même embarras face au zonage se lit dans la cartographie du risque au mont Fuji. En 1707, la dernière éruption majeure de ce strato-volcan de 3776 m de haut avait expulsé 1,7 km<sup>3</sup> de cendres jusqu'à Edo, l'ancienne Tôkyô. Aujourd'hui 16 millions de touristes visitent chaque année les lacs qui l'entourent, réputés pour leurs points de vue, et environ 300 000 en font l'ascension, essentiellement pendant l'ouverture officielle de juillet et août. L'affichage de la prévention a longtemps été différé car les résidents considéraient d'un mauvais œil la publicité d'une carte de risque explicitant l'ampleur du potentiel destructeur du volcan assoupi. La gestion de crise réussie au mont Usu, doté d'une carte de risque cinq ans avant l'éruption, a finalement contribué à décider les élus locaux. La surveillance sismique, continue depuis 1980, a aussi montré une augmentation significative du nombre de séismes de faible magnitude profonds<sup>1</sup>. Témoignant simplement d'une légère modification de la pression sous le volcan, elle a rappelé par le biais des médias qui ont largement diffusé l'épisode, que le mont Fuji n'était pas un volcan éteint. De nouvelles stations sismiques ont été implantées depuis, et un groupe de travail a été créé pour étudier l'activité passée du volcan, proposer des scénarios et établir un plan de prévention. Trois ans de travaux ont débouché en août 2004 sur la publication d'une carte de risque dans les municipalités limitrophes (figure 5.4 p. 60). À côté d'une carte à petite échelle présentant pour l'ensemble du strato-volcan les différents aléas et leur aire d'extension possible en pointillés (coulée de lave, chute de blocs et de cendres, coulées pyroclastiques et de débris), chaque municipalité présente un agrandissement pour le territoire communal avec la même légende mais à une échelle plus grande, portant mention des lieux d'évacuation. Si la *bôsai mappu* (format A1) de la ville de Fuji est assez détaillée (carte au 1/28 000 sur fond topographique et planimétrique), l'*hazâdo mappu* (format A2) de Fujinomiya voisine, au 1/50 000, ne suggère le relief que par estompage, et seul le réseau routier est figuré en plus des informations sur le risque, tandis qu'un carton rappelle les bénédictions du volcan.

Fait nouveau par rapport aux publications précédentes, la cartographie inclut quatre zones de danger décroissant, ou plus exactement de temps de répit croissant à mesure qu'on s'éloigne du sommet. Autour de l'aire centrale des cratères se trouve un périmètre où il est nécessaire d'évacuer dès le début de l'éruption, puis une zone intermédiaire où le répit peut atteindre une journée selon les cas, et enfin une zone

<sup>1</sup> 274 ont été enregistrés en tout entre 1980 et 1999, contre 180 en 2000 et 172 en 2001 (Ukawa, 2003).



1 : zone à évacuer immédiatement en cas d'éruption ; 2 : zone à évacuer dans la journée ; 3 : zone concernée seulement par les éruptions de grande ampleur.

Fig. 5.4 Carte de risque du mont Fuji (2004) : carte d'ensemble et extraits de deux cartes locales des villes voisines de Fuji et Fujinomiya, département de Shizuoka

périphérique concernée par les évacuations seulement lors d'éruptions de grande ampleur (il est demandé d'écouter attentivement les informations diffusées). Il ne s'agit donc pas au sens strict d'un zonage en niveaux de risque, mais ce découpage peut néanmoins être considéré comme un ingénieux moyen de contourner l'épineux problème du zonage : le temps n'étant pas discontinu, l'employer comme borne revient à délimiter concrètement des zones de danger, matérialisées sur la carte, tout en relativisant la portée de la frontière et donc la source de contestation éventuelle. Enfin une carte éditée pour les touristes localise les sites remarquables créés par les éruptions, met en scène un volcan qui rappelle malgré son caractère actif l'absence d'éruption dans un futur proche et la possibilité d'en faire l'ascension en toute sûreté.

Le Mont Fuji est devenu un laboratoire de zonage, où s'élabore une meilleure délimitation des espaces de danger, dans une expérimentation qui prend ici les riverains eux-mêmes comme matière première. Pour les animateurs du projet, la carte de risque du mont Fuji est ainsi destinée à rassurer la population et familiariser les résidents au principe du zonage, bien plus que pour être utilisable en cas d'éruption. Le choix du zonage-temps porté sur la carte permet aussi l'indication concrète, facilement compréhensible, de la marche à suivre en cas de crise. Le découpage proposé est difficilement applicable en pratique, mais n'en est pas pour autant vide de sens : en affichant des délimitations spatiales claires sur le papier, il prépare à la mise en place d'un zonage plus vaste, dans le cadre d'une politique urbaine. Une première réunion publique s'est tenue sur ce thème en mars 2005, une autre neuf mois plus tard (*Fuji-san to tomo ni ikiru*, « vivre avec le mont Fuji »). Le zonage envisagé inclurait d'abord des secteurs interdits d'accès et une réglementation des constructions. Des mesures spéciales seraient destinées à protéger le réseau routier, essentiel pour une évacuation, et d'autres les lieux abritant des populations fragiles (hôpitaux, écoles, centres de soins pour personnes âgées...). Des *sabô* volcaniques, barrages et chenaux spécifiquement destinés à contrôler les coulées de lave, sont aussi envisagés. Dans la phase actuelle, des budgets ont été attribués pour les enquêtes préliminaires, non pour les constructions elles-mêmes. La question de la spéculation foncière est évacuée pour l'instant.

## 5.5 Conclusion

Le modèle de prévention japonais, qui est un modèle de pays riche et outillé, se focalise sur la sauvegarde des vies humaines et mise sur l'information et l'éducation des résidents (cf. D'Ercole, 2002). L'absence de zonage contraignant apparaît comme une faiblesse majeure du système. La question de la délimitation d'une frontière entre espace sûr et espace à risque est en suspens. Toute prise de position tranchée pour un affichage concret du risque — condition pourtant essentielle à la gestion de crise (Zimmermann, 1994)

reste absente, et on peut considérer que la réponse sociale japonaise est teintée d'un opportunisme pragmatique qui compose avec le décalage entre le cycle des éruptions et celui de la vie humaine. Il convient d'ajouter que le zonage n'existe traditionnellement pas au Japon, et semble une pratique hors des mœurs : quatre projets de loi existent, qui n'ont débouché que sur deux décrets dont l'application est toujours remise en cause. Un éclairage socioculturel sur la conception de l'espace même, sur ses représentations, apporterait des réponses plus approfondies.

Néanmoins, la solution japonaise fait écho à « l'impossible risque zéro » évoqué par Pigeon (2005). Son mérite est de permettre une réflexion renouvelée sur le risque en intégrant la notion de coexistence. Le risque volcanique fait partie intégrante des territoires concernés ; il est un corollaire de leurs atouts (tourisme, *onsen*) et les cartes de risque réalisées n'ont d'autre objectif que de composer au mieux avec la catastrophe si celle-ci se produit.

De pareilles hésitations dans l'explicitation du risque ne se constatent pas dans le domaine de la protection passive, où l'État moderne a toujours marqué ostensiblement la limite entre l'espace aménagé et l'espace de danger par des constructions de grande ampleur, barrages, chenaux, réservoirs, qui servent autant la protection des enjeux que les politiques publiques en milieu rural (Kajita 2001, 2003 ; Kerr 2001). Plus récemment, alors que les appuis politiques locaux du Jimin-tô (parti au pouvoir presque sans interruption depuis l'après-guerre) se délitent, alors que les caisses sont vidées et que les critiques environnementales se multiplient, la marge de manœuvre du gouvernement central s'amenuise. Un tel contexte est une porte ouverte pour une gestion renouvelée du risque, où le zonage et les initiatives locales auraient une place croissante.

## 5.6 Bibliographie

- D'ERCOLE R. (2002) — Forces et faiblesses de la gestion des risques au Japon : une réflexion à partir de la crise liée à l'éruption du volcan Usu (Hokkaidô) de 2000 — *Annales de Géographie*, 627/628, pp. 524-548.
- DOI H. (2000) — L'extension des espaces urbanisés et le zonage de la planification urbaine (années 1960-années 1980) — *L'archipel accaparé*, M. Bourdier, P. Pelletier (dir.), éditions EHESS, pp. 195-211.
- KAJITA S. (2001) — Public investment as a social policy in remote rural areas in Japan — *geographical review of Japan*, vol. 74 (series B), No. 2, pp. 147-158.
- KAJITA S. (2003) — The Japanese construction industry and its restructuring — *annals of Japan association of economic geographers*, vol. 49, pp. 180-195.
- KERR A. (2001) — *Dogs and demons, tales from the dark side of Japan* — Hill & Wang, NY, 432 p.
- NOVEMBER V. (2000) — *Les territoires du risque : le risque comme objet de réflexion géographique* — Éditions Peter Lang, Bern, 350 p.

National Land Agency (1992) — *Guidelines for preparing volcanic hazard maps* — Tôkyô, 58 p. (203 p. pour l'édition japonaise originale, dont seule a été traduite la démarche, mais non les formules mathématiques utilisées pour les simulations numériques des processus éruptifs).

PELLETIER P. (2003) — Le Japon sans risques ? — *Les risques*, Y. Veyret (dir.), coll. DIEM Sedes, pp. 161-177.

PIEGON P. (2005) — réf. à sa communication au séminaire.

UKAWA M. (2003) — *The activity of mount Fuji* — Reports on volcanic activities and volcanological studies in Japan for the period 1999-2002. Prepared for the international Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) general assembly 2003, Sapporo, Japan. Source : [www.eri.u-tokyo.ac.jp/KAZANKYO/n\\_report/25.pdf](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/KAZANKYO/n_report/25.pdf) (consultée le cinq avril 2005).

ZIMMERMANN E. (1994) — *Risque technologique majeur : conditions de productions et rôle des outils cartographiques dans le processus d'identification et de gestion* — Thèse de doctorat, université de Strasbourg 1, 301 p.

#### Remerciements

Cette étude menée en 2004 n'aurait pas été possible sans le soutien financier de la JSPS (Japanese Society for the Promotion of Science) et les entretiens avec les volcanologues S. Aramaki et H. Okada, ainsi qu'avec T. Tomita, responsable du bureau Sabô de Fujinomiya. L'auteur remercie très chaleureusement les organisateurs du séminaire et les relecteurs

## 6 Reconnaissance des effets des séismes sur le bâti ancien et lecture archéologique des bâtis : le cas du séisme de 1708 à Manosque

Georgia POURSOU LIS

Chercheur associé, laboratoire LARHRA, C.N.R.S., Grenoble  
84, rue des Couronnes, 75020 Paris

Georgia.poursoulis@free.fr

**Résumé.** — L'étude pluridisciplinaire du séisme de 1708 à Manosque fait suite à d'autres travaux effectués ces dernières années par L'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) en collaboration avec le CNRS (Fiche, Helly, Levret, 1997), pour améliorer la connaissance de la sismicité historique en France, ainsi que l'estimation de l'intensité des séismes anciens.

C'est la découverte du rapport de visite des maçons (Quenet, 2001), décrivant les dégâts survenus dans la ville de Manosque après la séquence sismique de 1708, qui a servi de point de départ à cette étude où l'archéosismicité vient compléter, comme il se doit, les données de l'histoire et de la sismologie.

La reconstitution de l'évolution constructive de la ville a permis de corréliser les traces de séismes repérés dans le cœur historique de Manosque, avec les dégâts décrits dans les documents historiques, et ainsi, de situer les effets du séisme de 1708 parmi les autres événements subis par le bâti.

**Mots-clés.** — archéosismicité, lecture archéologique du bâti, sismicité historique, réparations post-sismiques, dégâts sismiques.

**Title.** — *Identification of the seismic effects in ancient constructions and archaeological reading of the buildings : the case of the 1708 Manosque (France) earthquake*

**Abstract.** — The 1708 Manosque earthquake's multidisciplinary study, came after many other works (Fiche, Helly, Levret, 1997) produced by the IRSN (Institute for Radioprotection and Nuclear safety) in collaboration with the CNRS (National Centre for Scientific Research), to improve the knowledge in historical seismicity and past earthquakes' macroseismic estimation.

The discovery of an historical bricklayers report (Quenet, 2001), describing the damages produced in the town of Manosque by the 1708 earthquake, was the starting point for this archaeoseismological study, which aim was to complete the historical and physical data concerning this specific event.

The correlation between the seismic effects visible on the

town's buildings and the damages described in the historical document was possible after restitution of the town's constructive evolution. The 1708 earthquake's effects could so be replaced at their correct location among the different events affecting the buildings during their life.

**Key-words.** — archaeoseismology, archaeological reading of the buildings, historical seismicity, building repair, earthquake damages.

### 6.1 Introduction

La lecture archéologique du bâti permet d'identifier et d'enregistrer les pathologies d'origine sismique dans le bâti ancien, ainsi que les traces de réparations post-sismiques effectuées par les populations, autre témoignage, indirect, de l'intervention d'un séisme ancien, ainsi que la présence de techniques traditionnelles de confortement et de résistance, mises en place pour faire face au risque (Poursoulis, 1999, 2000a, 2000b, 2002, 2003). Elle est employée dans le cadre de l'archéosismicité (Helly, 1989, 1995).

L'archéosismicité ne concerne pas seulement les périodes dites « antiques », elle intéresse toutes sortes de constructions anciennes, des palais et châteaux, aux maisons paysannes, aux fours, aux églises, etc., indépendamment de leur époque d'édification. Elle représente un ensemble de données permettant d'évaluer l'aléa sismique au même titre que la sismicité instrumentale, la sismicité historique ou la paléosismicité.

Dans ce type de recherches, la pluridisciplinarité apparaît comme une nécessité de la problématique mise en place, car l'étude des traces des séismes du passé n'est réellement efficace que par la mise en commun des connaissances et des données d'un ensemble de domaines de la science. Les données issues de ces différents domaines apparaissent comme des éléments complémentaires dont la synthèse seule permet d'apporter des réponses valables aux problèmes posés. L'étude du séisme de 1708 à Manosque a été effectuée par une équipe pluridisciplinaire, associant différentes spécialités : géologie, sismologie, histoire, archéologie, ingénierie et architecture. Cet article présente la partie ingénierie et archéologie de cette étude.

Au départ de cette étude nous disposons d'une documentation historique importante constituée par les données de la sismicité historique répertoriées dans la base Sis-France

mise en place par l'IRSN, le BRGM et EDF et qui relate l'ensemble des séismes historiques connus survenus en France. Cette base de données a été complétée, en ce qui concerne le séisme de 1708, par des documents historiques exceptionnels retrouvés par notre collègue historien, notamment le rapport de visite de Manosque, rédigé par les maçons au lendemain du séisme de 1708 et qui rend compte des dégâts survenus sur 740 bâtiments de la ville (Quenet, 2001). Grâce à cette documentation, nous savions avec certitude qu'un séisme était survenu à Manosque et dans les environs en 1708 et nous avons une description précise des dégâts sur le bâti. Sur le terrain, nous pouvions rechercher les traces de ce séisme sur le bâti encore en place dans le cœur historique de la ville et dans les villages environnants afin de déterminer l'aire d'effet de cet événement.

## 6.2 Le contexte sismologique

La ville de Manosque se situe sur un tronçon de la faille de la Moyenne Durance qui appartient au réseau des failles du sud-est de la France (figure 6.1). Elle est le siège d'une sismicité de relativement haut niveau, avec des événements sismiques de l'importance de celui de 1708 survenant tous les 100 ans (1509, (1612 ?), 1708, 1812, 1913) environ.

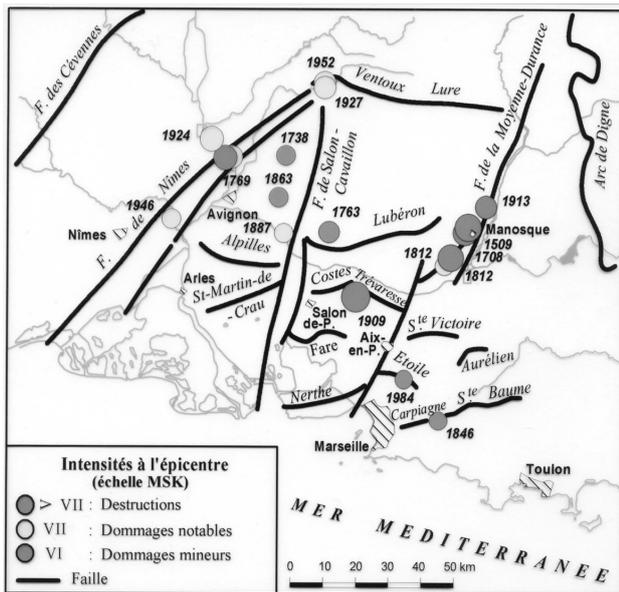


Fig. 6.1 Failles de Provence et épicentres relatifs (carte I.R.S.N.)

La documentation historique dont nous disposons fait état d'une importante séquence sismique allant de mars à octobre 1708, avec un événement majeur daté du 14 août qui a produit des dégâts importants dans la ville de Manosque. Le travail sur le terrain nous a permis d'étendre l'aire de manifestation des séismes autour de Manosque par l'identification des pathologies d'origine sismique sur le bâti ancien (figure 6.2). Ainsi, 13 localités autour de la ville ainsi qu'un

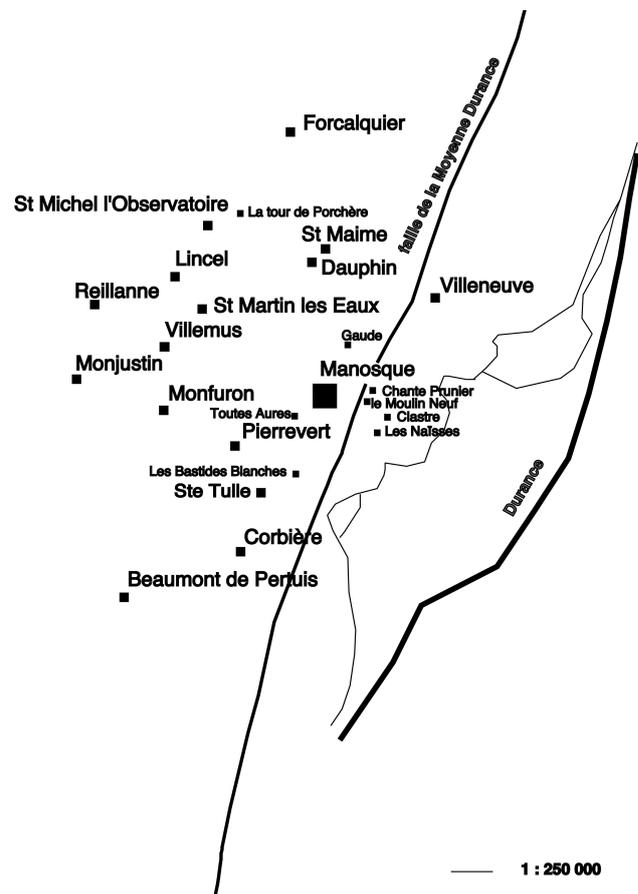


Fig. 6.2 Aire de manifestation du séisme de 1708 à Manosque (G. Poursoulis, 2003)

certain nombre de bastides et autres édifices ont montré des traces directes d'événements sismiques ou des traces indirectes sous la forme des réparations effectuées par les populations, témoignant, elles aussi, de l'intervention de ce type d'événement naturel.

## 6.3 L'approche méthodologique

Dans le cœur historique de Manosque, le bâti ancien encore en place nous avait permis d'identifier un certain nombre de pathologies d'origine sismique ainsi que de réparations effectuées par les populations. Le rapport de visite des maçons dans la ville après le séisme devait nous aider à distinguer les effets du séisme de 1708 parmi l'ensemble des traces que nous avons répertoriées. Cependant, une difficulté est très vite apparue dans notre démarche, l'itinéraire suivi par les maçons pour leur inspection des édifices endommagés n'était pas explicite, nous ignorions à quels bâtiments décrits dans ce rapport correspondaient ceux encore visibles dans la ville à l'heure actuelle. Par ailleurs, le bâti avait subi de nombreuses transformations : divisions, destructions, reconstructions ; les ventes et transmissions du patrimoine immobilier au cours des siècles avaient entraîné des changements de propriétaires et de ce fait les noms signalés dans

le document historique ne correspondaient plus à ceux existant sur les cadastres récents. De ce fait, comment savoir à quels bâtiments, visibles dans la ville, correspondent ceux décrits dans le document historique ? Comment savoir à quels bâtiments, décrits dans le rapport de visite, correspondent les traces que nous avons identifiées sur le bâti en place ?

Les éléments dont nous disposions n'étaient pas suffisants pour effectuer cette corrélation indispensable entre les données écrites et les traces visibles. Il nous fallait chercher une documentation complémentaire, ce qui a été fait auprès des services de la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles) car par chance un certain nombre d'édifices de Manosque étaient classés. Ainsi, 21 bâtiments en place ont pu être associés à des édifices décrits dans le document historique et nous avons pu retracer leur évolution constructive (figure 6.3).



Fig. 6.3 Ancien cadastre de Manosque, en hachures les 21 bâtiments identifiés (G. Poursoulis, 2003)

Cette étape était nécessaire afin de replacer les effets du séisme de 1708 à leur juste place dans l'évolution du bâti du point de vue chronologique ; les distinguer des effets d'autres séismes antérieurs et postérieurs, ainsi que des autres événements subis par le bâti au cours du temps.

### 6.3.1 Les styles architecturaux

Dans cette démarche, les styles architecturaux de la ville de Manosque ont été une aide précieuse (Massot, 1992). En nous permettant de rétablir l'évolution constructive de la ville ils nous aidaient à situer chronologiquement les traces du séisme de 1708 à leur juste place parmi les divers événements subis par le bâti.

Le premier style et le plus ancien rencontré dans la ville était le style Renaissance qui en Provence s'étend de 1535 à 1590.

Le style Henri IV-Louis XIII apparaît ensuite, qui couvre la première moitié du XVII<sup>e</sup> siècle : de 1600 à 1670. Vient ensuite le style classique qui couvre la fin du XVII<sup>e</sup> siècle de 1640 à 1690 et dont la ville d'Aix-en-Provence présente de très beaux exemples. Le style rocaille (ou rococo) fait son apparition au début du XVIII<sup>e</sup> siècle de 1713 à 1770 et est illustré à Manosque par le très bel Hôtel de Gassaud situé dans la rue Grande. Enfin, le style Néo-classique apparaît à la fin du XVIII<sup>e</sup> : de 1750 à 1792, en réaction à l'exubérance du style rocaille.

Les dates de ces styles architecturaux nous permettent d'encadrer les traces du séisme de 1708 dans des limites chronologiques. Nous savons, ainsi, qu'il a forcément affecté les bâtiments antérieurs au style rocaille qui n'apparaît dans la ville qu'en 1713. Ainsi, l'Hôtel de Gassaud, construit après 1708, visiblement à la place d'un édifice antérieur, est intéressant dans la mesure où sa présence nous montre que le séisme a servi de prétexte à la démolition d'un édifice passé de mode et peut être abîmé pour faire place à cet Hôtel particulier dans le style en vigueur au début du XVIII<sup>e</sup> siècle (figure 6.4).



Fig. 6.4 L'hôtel de Gassaud dans le style Rocaille, dans la Rue Grande à Manosque (photo G. Poursoulis, 2001)

### 6.3.2 Quelques éléments d'Ingénierie

Le séisme se produit par la rupture des roches ayant atteint leur limite de résistance aux contraintes qu'elles subissent. Cette rupture produit une énergie qui se propage sous forme d'ondes dans toutes les directions, à partir du

foyer du séisme, grâce aux propriétés élastiques des roches et des sols qu'elles traversent.

### 6.3.2.1 Les effets des ondes sismiques sur les constructions

Les vibrations horizontales et verticales du sol, provoquées par le passage des diverses ondes sismiques, affectent naturellement les constructions qui subissent ainsi des oscillations de trois sortes : verticales, horizontales et de torsion (Zacek, 1996 : 43). En opposition à cette mise en mouvement, les édifices résistent en émettant des forces d'inertie dans le sens opposé au mouvement du sol.

Les oscillations horizontales sont celles qui produisent les dégâts les plus significatifs pour nous car ce sont ceux dont nous retrouvons les traces sur le bâti ancien (Zacek, 1996 : 44).

- Ainsi, le balancement des fondations dans les sols meubles va produire une déformation inélastique de ces derniers, laquelle conduit à la désolidarisation des fondations, générant ainsi une inclinaison du bâtiment pouvant aller jusqu'à effondrement total.
- L'effort de cisaillement peut provoquer un glissement de la superstructure sur les fondations, une rupture en diagonale des murs en maçonnerie ou en béton, une rupture des portiques.
- L'effort de flexion génère quant à lui des ruptures d'éléments porteurs verticaux par écrasement du côté comprimé et par traction du côté tendu.

### 6.3.2.2 Les dommages et mécanismes de ruine après séisme

Les forces horizontales atteignent les édifices perpendiculairement au plan des façades. Elles entraînent des dommages caractéristiques sous la forme de fissures verticales plus ouvertes en haut qu'en bas dans les angles. Dans les cas les plus graves, cette fissuration peut entraîner l'effondrement d'une partie ou de la totalité de l'angle voir de toute la façade de l'édifice affecté (Giuffrè, 1993 : 134, 135).

Pour les murs de refends, les forces horizontales exercent un mouvement parallèle à leur plan et produisent ainsi une fissuration à 45° à partir des angles, des fissures horizontales au niveau des joints ou des fissures en croix, elles aussi caractéristiques, soit autour des ouvertures soit entre deux ouvertures (Giuffrè, 1993 : 135).

Dans les cas des murs en double parement insuffisamment ou pas du tout reliés entre eux, les forces horizontales vont provoquer la désolidarisation des deux parements et le délitement du parement extérieur (Giuffrè, 1993 : 153).

Enfin, signalons qu'un édifice n'est que très rarement isolé. En général, nous avons à faire à des bâtiments insérés dans le canevas construit d'une ville ou d'un village, formant des îlots de construction individualisés par des espaces de circulation (servant de joints de séparation). Le mouvement sismique affecte donc un ensemble de bâtiments mitoyens ou proches et qui interagissent entre eux selon un comportement complexe (Giuffrè, 1993 : 139). Le résultat de cette

interaction peut être une aggravation des dommages sous certaines conditions :

- une différence de hauteur entre deux bâtiments mitoyens,
- une différence de matériaux entre deux édifices mitoyens,
- une largeur insuffisante de joints (espace de circulation) entre deux édifices voisins,
- un joint entre deux édifices mitoyens rempli de matériaux transmettant les forces au lieu de les amortir.

## 6.4 La lecture archéologique du bâti

Cette méthode de travail se fonde donc sur la connaissance des mécanismes de ruine après séismes, tels que définis par l'ingénierie moderne, en fonction des effets des diverses forces exercées sur les bâtiments par le mouvement sismique, pour reconnaître et enregistrer les pathologies d'origine sismique dans le bâti ancien.

### 6.4.1 Les traces des séismes sur le bâti ancien

Les effets des séismes anciens peuvent se manifester sous la forme de traces directes visibles dans les murs des édifices.

#### 6.4.1.1 Les fissures

Dans le bâti ancien de la ville de Manosque, nous avons retrouvé les fissures caractéristiques dues aux forces horizontales exercées perpendiculairement au plan des façades : fissures verticales plus ouvertes en haut qu'en bas et situées dans les angles des édifices (figure 6.5 p. 67).

Les fissures en croix entre deux ouvertures, dues aux forces horizontales exercées parallèlement au plan des murs de refends, sont illustrées par un exemple d'un bâtiment de style Renaissance situé dans le village de Saint-Michel-l'Observatoire (figure 6.6 p. 67).

#### 6.4.1.2 Les appuis de fenêtres fendus

À l'origine monolithiques, les appuis de fenêtre sont souvent fendus par le mouvement sismique. Dans le village de Saint-Martin-les-Eaux, nous savions par les documents historiques qu'une fenêtre avait été abîmée par le séisme de 1708. La lecture archéologique du bâti, en nous permettant de retrouver cette trace directe sous la forme d'un appui de fenêtre fendu, est venue confirmer les indications des écrits historiques (figure 6.7 p. 68).

#### 6.4.1.3 Les claveaux de portes et de fenêtres descendus

Cette pathologie sismique affecte les encadrements d'ouvertures en arc, dont les claveaux glissent les uns contre les autres sous l'effet du mouvement sismique avec pour conséquence un décalage persistant vers le bas du claveau central. À Saint-Martin-les-Eaux, la lecture archéologique du bâti nous a permis d'identifier une seconde pathologie : les claveaux descendus à la fenêtre du dernier étage. Les deux pathologies, visibles sur la façade de cette maison, sont



Fig. 6.5 Fissure verticale plus ouverte en haut à l'angle de la façade d'une maison à Manosque dans le quartier des Payants (photo G. Poursoulis, 2001)

reliées par une fissure remontant tout au long de la paroi (figure 6.8 p. 68). Nous pouvons donc considérer qu'un même événement sismique, probablement celui de 1708, a dû produire ces deux pathologies. La lecture archéologique du bâti permet également de compléter les données des documents historiques.

#### 6.4.1.4 La rupture d'alignement des murs

Les forces de cisaillement générées par les ondes (L) produisent des ondulations des murs des édifices avec pour conséquence la rupture d'alignement de ces derniers au niveau du sol, comme le montre cet exemple d'un groupe de bâtiments mitoyens à Manosque (figure 6.9 p. 69).

#### 6.4.2 Les réparations post-sismiques

Un autre type de traces, indirectes celles-là, sont les réparations effectuées par les populations, essentiellement sous la forme de reprises de maçonnerie et qui témoignent, elles aussi, de l'intervention d'un événement sismique. Elles laissent également des traces remarquables sur les façades des édifices, dont nous présenterons ici quelques exemples caractéristiques.



Fig. 6.6 Fissure en croix entre deux ouvertures dans une maison de style Renaissance à Saint-Michel-l'Observatoire (photo G. Poursoulis, 2001)

#### 6.4.2.1 Les bouchages de fissures

Les fissures laissées dans les murs par le mouvement sismique sont réparées par bouchage avec des matériaux divers. L'exemple le plus marquant est cette fissure dans la façade de l'église de Toutes-Aures près de Manosque, bouchée avec des briquettes de terre cuite (figure 6.10 p. 69).

#### 6.4.2.2 Le pelage de façade

Avec cette anomalie, nous sommes dans l'illustration de la réparation consécutive à l'effet de désolidarisation des deux parements d'un mur double sous l'action des forces de flexion. La reconstruction du parement extérieur délité ne peut se faire dans l'exact alignement des assises d'origine. Il en résulte un décalage de quelques centimètres entre les deux parties du mur (figure 6.11 p. 70), celle d'origine et celle reconstruite après le séisme.

#### 6.4.3 L'enregistrement des événements subis par le bâti

La lecture archéologique des bâtis s'inspire des méthodes de la stratigraphie horizontale utilisée dans les fouilles archéologiques classiques pour enregistrer les diverses scènes mises au jour. Ainsi, un édifice est également une scène pré-



Fig. 6.7 Appui de fenêtre fendu à Saint-Martin-les-Eaux (photo G. Poursoulis, 2001)

sentant un ensemble de faits archéologiques, représentatifs de l'évolution du bâtiment et des divers événements naturels ou anthropiques qui l'ont affecté, et qu'il faut observer, identifier, décrire, enregistrer et interpréter pour rendre compte de cette évolution constructive.

Ainsi, des techniques et des protocoles précis d'enregistrement ont été mis en place à fin de rendre compte au plus juste des faits reconnus. On utilise pour cela la subdivision de ces faits en Unité Stratigraphiques (U.S.) cohérentes qui prennent leur position relative dans la chronologie des événements successifs subis par le bâti.

Afin de distinguer les U.S., un langage spécifique a été conçu faisant appel aux termes :

- **Sous**, pour déterminer l'antériorité d'un événement par rapport à un autre,
- **Sur**, pour déterminer la postériorité d'un événement par rapport à un autre,
- **Égale**, pour signifier que deux éléments recoupés par un événement postérieur appartiennent à un même ensemble,
- **Équivalent**, pour signifier que deux éléments distincts ont été mis en place à la même période.

#### 6.4.3.1 Le cas de la chapelle Sainte-Agathe à Saint-Maïmes

Cette chapelle du XII<sup>e</sup> siècle se situe au sommet d'une col-

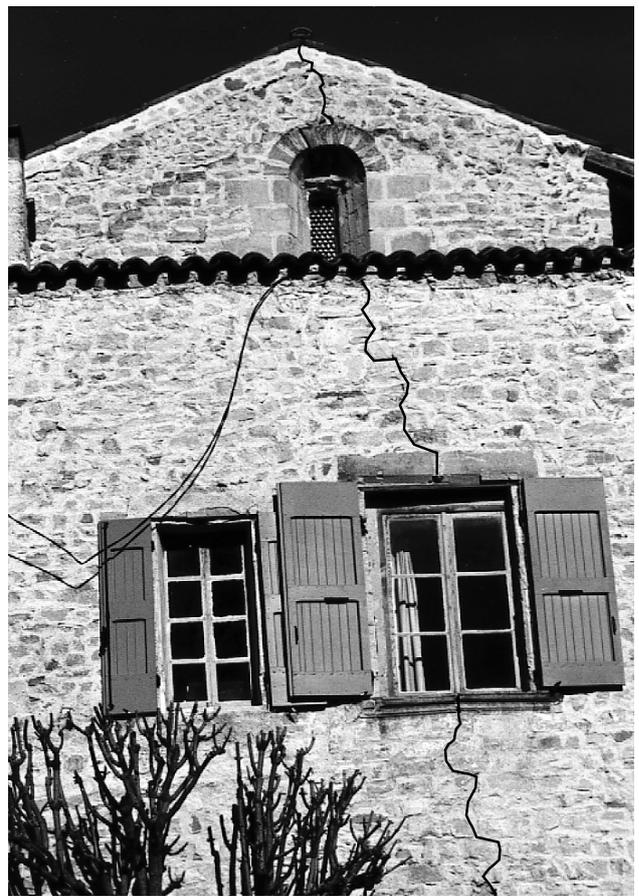


Fig. 6.8 Claveaux de fenêtre descendus et fissure reliant les deux pathologies découvertes sur la façade de la maison de Saint-Martin-les-Eaux (photo G. Poursoulis, 2002)

line qui domine le village de Saint-Maïmes (figure 6.12 p. 70). Elle faisait partie de l'ensemble castral du château des Comtes de Forcalquier, dont il ne reste plus que quelques pans de murs effondrés et un donjon octogonal. À l'origine, l'entrée de la chapelle se faisait par une porte romane située dans la paroi ouest. Actuellement, cette porte est bouchée et l'édifice se trouve très proche de la pente de la colline (figure 6.13 p. 70). Des restes de constructions, aux angles sud-ouest et nord-ouest, signalent qu'à l'origine l'accès à la chapelle se faisait au travers d'un aménagement d'entrée, visiblement détruit. Pour palier l'impossibilité d'accéder à l'édifice par l'ouest, il a fallu ouvrir une seconde porte, ce qui fut fait dans la paroi sud en 1745, comme l'indique la date mentionnée sur le linteau de cette dernière.

Cette date de 1745 est postérieure au séisme de 1708, conformément au contexte socio-économique de l'époque qui nous indique que les réparations post-sismiques ont été retardées de quelques décennies (Quenet, 2001). Nous pouvons donc supposer que l'événement sismique de 1708 est responsable d'un éboulement de terrain, visible par la proximité de la pente de la colline, qui a conduit à la destruction de l'aménagement d'accès et à la condamnation de la porte ouest de la chapelle, nécessitant, par là même, l'ouverture de la nouvelle porte au sud. Sur la photo de 1964, on voit



Fig. 6.9 Rupture d'alignement et ondulation des murs d'un îlot de constructions à Manosque (photo G. Poursoulis, 2001)

d'autres dommages, notamment l'angle sud-est ruiné. La lecture archéologique de la chapelle Sainte-Agathe a permis d'identifier les U.S. suivantes (figure 6.14 p. 71) :

- US 1 : le substratum rocheux sur lequel est construit l'édifice,
- US 2 : les fondations du bâtiment,
- US 3 : la paroi ouest, car elle passe sous la paroi sud et est donc antérieure,
- US 4 : l'angle sud-ouest de la paroi sud, en pierres de taille bien appareillées, disposé sur les fondations et passant sur la paroi ouest donc postérieure à celle-ci,
- US 5 : la partie supérieure ouest de la paroi sud, disposée sur la partie inférieure (US 4) et se distinguant de cette dernière par son matériau plus grossier,
- US interface : l'événement sismique de 1708,
- US équivalente 6 : l'ouverture de la porte dans la paroi sud en 1745,
- US équivalente 7 : la reconstruction de la partie est du mur sud, conséquence de l'ouverture de la porte et donc indirectement du séisme de 1708, et se distinguant du reste du mur par son matériau en moellons bruts,
- US interface : les fissures qui apparaissent dans les parois ouest et sud. On ne peut pas les dater avec assurance, ni dire si elles sont toutes contemporaines ou si elles résultent d'un événement sismique. Ces fissures peuvent



Fig. 6.10 Fissure bouchée avec des briquettes, façade de l'église de Notre-Dame de Toutes-Aures (photo G. Poursoulis, 2001)

- aussi bien être liées à des infiltrations d'eaux de pluie dues à la destruction de la toiture en lauzes. Il est néanmoins certain que les fissures de la paroi sud sont postérieures au séisme de 1708, puisqu'elles apparaissent dans la partie du mur reconstruite en 1745,
- US équivalente 8 : reconstruction de la toiture en 1965, date des premières restaurations de l'édifice,
- US équivalente 9 : reconstruction de l'angle sud-est qui apparaissait détruit sur la photo de 1964.

## 6.5 Conclusion

C'est la mise en commun des données des divers domaines de la science concernés qui a permis d'effectuer ce travail de reconnaissance, d'identification et d'enregistrement des effets du séisme de 1708 sur le bâti ancien de Manosque et des villages environnants. En effet, la méthode de la lecture archéologique pour l'identification des pathologies d'origine sismique sur le bâti ancien, se fonde sur la connaissance, apportée par l'ingénierie, du comportement des édifices et des mécanismes de ruines selon les types de forces exercées lors



Fig. 6.11 Pelage de façade dans le village de Lincel (photo G. Poursoulis, 2001)

du mouvement sismique. L'architecture, par la connaissance des styles architecturaux existant, en aidant à la reconstitution de l'évolution constructive d'une ville, permet de rétablir les effets du séisme à leur juste place dans la chronologie des événements subis par le bâti au cours du temps. Les données fournies par la documentation historique, à l'origine de cette étude, ont été indispensables pour rétablir le contexte politique, social et économique autour du séisme de 1708, et comprendre la succession des événements constatés. La connaissance du contexte sismique et géologique de la région était nécessaire pour déterminer l'aire d'intervention du séisme de 1708, son intensité et les types de dégâts auxquels nous devons nous attendre. L'archéosismicité, par la lecture archéologique du bâti, en permettant de conforter les données historiques et même de les compléter, comme le montre l'exemple de Saint-Martin-les-Eaux, apparaît comme un auxiliaire indispensable de l'histoire et de la sismologie pour une amélioration de la connaissance des séismes anciens et pour une meilleure estimation de l'aléa sismique.

## 6.6 Bibliographie

- GIUFFRÈ A. (1993) — *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia* — Editori Laterza, 279 p.  
 MASSOT J. L. (1992) — *Architecture et Décoration du XVI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècles, l'Art de Restaurer en Provence* — 2, Édi-

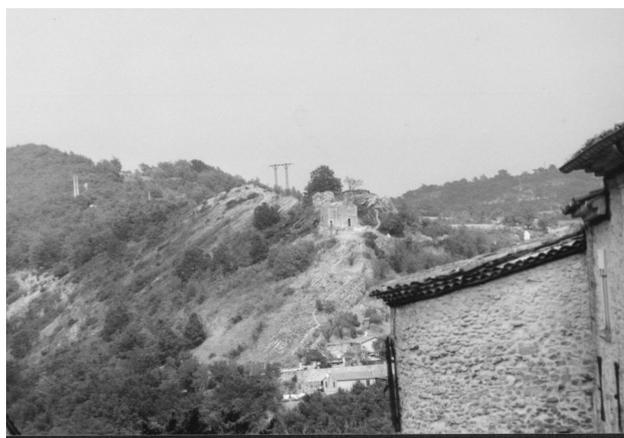


Fig. 6.12 La chapelle Sainte-Agathe sur le sommet de la colline dominant le village de Saint-Maimes (photo G. Poursoulis, 2001)



Fig. 6.13 La chapelle Sainte-Agathe en 1964 (photo F. Benoit, DRAC)

sud Aix-en-Provence, 339 p.

- POURSOULIS G. (1999) *La destruction des palais Minoens* — Thèse de doctorat Univ. Paris I Panthéon-Sorbonne, 883 p.  
 QUENET G. (2001) — *Les tremblements de terre en France aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, Une Histoire sociale du risque* — Thèse de doctorat, Univ. Paris I Panthéon-Sorbonne, 462 p.



Fig. 6.14 Les différentes U.S. de Sainte-Agathe (photo G. Poursoulis, 2004)

- ZACEK M. (1996) — Construire Parasismique — Éditions Parenthèses, Marseille France, 340 p.
- LAMBERT, J., LEVRET-ALBARET, A. (1996) — Mille ans de séismes en France — Catalogue d'épicentres. Paramètres et références, Ouest éditions, Nantes, 70 p.
- FICHES J.-L., HELLY B. et LEVRET A. (1997) — Archéologie et sismicité autour d'un grand monument, le Pont du Gard — Actes des journées d'étude, Pont du Gard, Nîmes, 9 et 10 février 1995, Éditions APDCA, Sophia Antipolis, 171 p.
- Ouvrage collectif sous la direction de Ferrigni F. (1989) — San Lorenzello : à la recherche des anomalies qui protègent — CUEBC, Ravello, Conseil de l'Europe Centre Universitaire pour les biens culturels Ravello 1989, 150 p.
- HELLY B. (1995) — Local seismic culture : a european research program for the protection of traditional housing stock — *Annali di Geofisica*, n° 38, 5/6, pp. 791-794.
- LEVRET A., BACKE J. C., and CUSHING M. (1994) — Atlas of macroseismic maps for French earthquakes with their principal characteristics — *Natural Hazards*, n° 10 pp. 19-46.
- POURSOULIS G., DALONGEVILLE R. and HELLY B. (2000a) — Destruction des édifices minoens et sismicité récurrente en Crète (Grèce) — *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 4, pp. 253-266.
- POURSOULIS G. (2000b) — Des techniques sismo-résistantes dans les édifices de l'Âge du Bronze en Crète, in *Archéosismicité et Vulnérabilité du bâti ancien : Actes des IV<sup>e</sup> Rencontres du Groupe A.P.S.*, Perpignan mai 1999, 127-152.
- POURSOULIS G. (2002) — Archéosismicité et connaissance du risque sismique par les Minoens : « De l'usage des catalogues de séismes historiques », in *Achéosismicité et Sismicité historique : Actes des V<sup>e</sup> Rencontres du Groupe A.P.S.*, Perpignan, avril 2000, 11-38.
- POURSOULIS G. (2003) — Geological factors part in the Minoan society vulnerability process (Crete-Greece) — in : *The Mediterranean World environment and history*, Paris avril 2002, Elsevier, pp. 25-39.
- QUENET G. (2002) — Les apports de la critique historique à la sismicité historique — in : *Archéosismicité et sismicité historique*. Actes des V<sup>e</sup> Rencontres du Groupe APS, Perpignan, avril 2000, pp. 91-105.
- QUENET G. (2003) — La catastrophe aux champs. Espaces ruraux et tremblements de terre en France aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles. Enquêtes rurales — *Cahiers de la Maison de la Recherche en Sciences Humaines*, n° 9, pp. 82-102.
- QUENET G., BAUMONT D., SCOTTI O., and LEVRET A. (2004) — The 14 August 1708 Manosque France earthquake : new constraints on the damage area from in-depth historical studies — *Annals of Geophysics*, n° 47, 2/3, pp. 583-595.
- RIDEAUD A. and LEVRET A. (2000) — Traces de séismes historiques sur le bâti ancien en moyenne Durance : Beaumont-de-Pertuis — in : *Archéosismicité et vulnérabilité du bâti ancien : Actes des IV<sup>e</sup> Rencontres du Groupe APS*, Perpignan, mai 1999, pp. 39-64.

### Remerciements

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un programme plus large du CNRS consacré aux « Risques naturels dans le sud-est de la France » commun aux MSH de Grenoble, Aix-en-Provence et Lyon, financé par une ACI du Ministère de la recherche sous la responsabilité de M. Bernard Bouhé, directeur de la MSH-Alpes de Grenoble.

Partie 3

## Diagnostics



## 7 Réalisation de 13 diagnostics de vulnérabilité d'entreprises de la Nièvre exposées au risque d'inondation de la Loire et de ses affluents

Emmanuelle BERTHELIER\*, Arielle MASSON\*  
et Antoine BILLAUDET\*\*

\*Division LHF, SOGREAH Consultants SA, BP 172, 38042  
Grenoble CEDEX 9, France

emmanuelle.berthelie@sogreah.fr

arielle.masson@sogreah.fr \*\*Chambre de commerce  
et d'industrie de la Nièvre, place Carnot, 58000 Nevers,  
France

a.billaudet@nievre.cci.fr

**Résumé.** — La réalisation de diagnostics de vulnérabilité d'entreprises exposées au risque d'inondation reflète l'évolution des politiques de gestion du risque d'inondation. Premièrement car ces diagnostics font appel au concept plus global de vulnérabilité et ne cherchent pas de solution uniquement dans la protection contre les crues. Ensuite parce qu'ils permettent de transmettre aux chefs d'entreprise la culture du risque et de les convaincre qu'ils sont aussi responsables de leur vulnérabilité et donc acteurs de sa diminution. La mise en œuvre de ces diagnostics auprès de 13 entreprises de la Nièvre exposées aux inondations de la Loire et de ses affluents a permis de tirer des premières conclusions sur la sensibilité des entreprises vis-à-vis de cette démarche, sur les mesures de mitigation qui semblent les intéresser et les ressources à mobiliser pour réussir le diagnostic de vulnérabilité. Un suivi à plus long terme sera nécessaire pour conforter et développer ces premières conclusions.

**Mots-clés.** — vulnérabilité, diagnostic, risque, inondation, mitigation, résilience.

**Title.** — *vulnerability assessment of company exposed to flood risk*

**Abstract.** — The vulnerability assessment of company exposed to flood risk reflects the recent evolution of the flood risk management policies. Firstly because it is based on the concept of vulnerability and do not focus on resistance strategies which aim at preventing floods entirely. Then because it is a way to transmit the culture of risk to companies and to convince them that they are also responsible for their vulnerability and thus actors of its reduction. The realization of these vulnerability assessments on 13 companies located in the Nièvre department and exposed to

floods from the river Loire and its tributaries draws the first conclusions on the sensitivity of the companies to flood risk management, the mitigation measures which seem to interest them and the skills which revealed to be necessary to achieve vulnerability assessment. Long term follow-up will be necessary to consolidate and develop these first conclusions.

**Key-words.** — vulnerability, assessment, risk, flood, mitigation, resilience.

### 7.1 Des politiques publiques en évolution vers une gestion globale du risque

#### 7.1.1 Les entreprises, des enjeux très concernées par le risque d'inondation

Sur 36 000 communes françaises, le risque inondation concerne une commune sur trois, parmi lesquelles trois cents grandes agglomérations. Ce risque touche non seulement les populations (environ 2 millions de personnes en France) mais aussi, même si cela est moins médiatisé, les activités économiques. Lors des inondations catastrophiques qu'a connu la France durant la dernière décennie, les conséquences pour les entreprises ont représenté plus de la moitié du coût global des dommages imputables aux inondations. Les inondations provoquent non seulement un arrêt temporaire des activités au sein des entreprises et des dégradations des biens, mais également des dommages indirects tels que des pertes d'exploitation, des pertes de marché, des pollutions, etc. Le poids de toutes ces conséquences peut s'avérer si lourd qu'il conduit parfois à la disparition de l'entreprise.

#### 7.1.2 Gestion globale du risque et concept de vulnérabilité

L'évolution actuelle des politiques publiques de gestion du risque s'oriente vers une gestion globale du risque. Cela se traduit par des actions non plus seulement focalisées sur la gestion du flux pour réduire l'aléa (digues, barrages, ...) mais par la mise en œuvre de combinaisons d'actions de protection, de prévention et d'amélioration de la résilience (capacité à réagir et à poursuivre l'activité). Le concept de vulnérabilité et son évaluation à l'échelle d'un enjeu ou d'un territoire permet de cibler ces combinaisons d'actions et

Activités
Fabrication de composants
Laboratoire pharmaceutique
Fabrication d'éclairage
Fabrication de système antivol voiture
Recyclage de matières plastiques
Grande distribution
Acierie, tréfilerie
Grande distribution
Agro-alimentaire
Pièces automobiles

Fig. 7.1 Activités des entreprises diagnostiquées

d'évaluer leur efficacité. La vulnérabilité peut être définie comme la gravité des dommages potentiels en cas de réalisation d'un aléa ou — pour intégrer des aspects autres qu'économiques (social, psychologique, etc.) — comme la capacité à subir un évènement.

### 7.1.3 Les entreprises, des acteurs de la gestion globale du risque d'inondation

Cette gestion globale du risque et la mesure de la vulnérabilité des enjeux et des territoires reposent aussi sur le fait que tous les acteurs de la société soient partie prenante de la gestion du risque, chacun à son niveau. De même que, par exemple, les services de l'État se doivent notamment de porter à connaissance le risque, que les citoyens doivent intégrer la culture du risque et que les agriculteurs ont un rôle majeur à jouer dans la préservation des champs d'expansion de crue, les entreprises peuvent elles aussi contribuer à diminuer la vulnérabilité du territoire en agissant sur leur propre vulnérabilité. Il convient cependant de noter qu'aucune obligation réglementaire ne contraint les entreprises à se préoccuper de la gestion du risque inondation (à l'exception, dans une certaine mesure, des sites soumis à autorisation selon la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). De nombreux travaux sur la connaissance de la vulnérabilité des activités économiques en Loire moyenne et les possibilités de les réduire ont été réalisés par l'Équipe Pluridisciplinaire du Plan Interrégional Loire Grandeur Nature, notamment sur le bassin de la Loire moyenne. La mise en œuvre par les entreprises d'actions de mitigation (réduction de vulnérabilité) suppose que trois points essentiels soient appréhendés :

- la connaissance de l'aléa auquel elles sont exposées ;
- la mise en évidence des points critiques ou particulièrement sensibles existants ;
- les mesures techniques ou organisationnelles qu'il est possible de mettre en œuvre.

L'objectif du diagnostic de vulnérabilité tel qu'il a été développé par l'Équipe Pluridisciplinaire du Plan Interrégional

Loire Grandeur Nature est donc de fournir les informations nécessaires aux entreprises sur ces trois plans.

## 7.2 Objectifs et enjeux des diagnostics de vulnérabilité d'entreprises

### 7.2.1 Mettre en place des mesures adaptées

Les enquêtes auprès des entreprises ayant pris des mesures entre deux crises d'inondation montrent à quel point l'anticipation du risque inondation et la mise en place de moyens de prévention et de protection sont efficaces. L'efficacité de ces mesures (ne serait-ce que leur mise en œuvre) dépend beaucoup de leur adaptation à l'entreprise : sa situation vis-à-vis de l'aléa, sa sensibilité à l'inondation (directe ou indirecte) et son seuil d'acceptation du risque du fait de son fonctionnement, de sa culture, etc. C'est pourquoi un diagnostic complet de la vulnérabilité s'impose en préalable à la mise en œuvre d'actions.

### 7.2.2 Connaître le risque, la sensibilité et les mesures de mitigation possibles

Le but du diagnostic de vulnérabilité est de permettre à l'entreprise d'anticiper le risque d'inondation et de réduire les conséquences d'un tel évènement sur les plans humain, matériel et financier. Les objectifs d'un diagnostic de vulnérabilité pour l'entreprise suivant la méthodologie développée par l'Équipe Pluridisciplinaire du Plan Interrégional Loire Grandeur Nature sont décrits dans les paragraphes suivants.

#### 7.2.2.1 La prise de conscience de la réalité du risque inondation et de l'importance de son anticipation

Le risque d'inondation apparaît plus réel s'il s'exprime sous forme de scénarios paramétrés : fréquence, hauteur d'eau, vitesse, type d'aléas... Le diagnostic vise donc à analyser les données sur les aléas d'inondation pour les traduire par rapport à un site donné et à ses caractéristiques. Imaginer les situations de crise qui découleraient de la réalisation de ces scénarios permet de prendre conscience de la nécessité d'anticiper ces situations.

#### 7.2.2.2 L'analyse de la vulnérabilité du site aux inondations et la mise en évidence de points critiques

Le diagnostic permet de mettre en évidence les points critiques, leur hiérarchisation et leur importance variable en fonction des moments de la crise ou des périodes pendant lesquelles l'évènement survient. Ceci permet à l'entreprise d'avoir une vision plus analytique et de distinguer les points sur lesquels elle peut agir en fonction des contraintes matérielles et organisationnelles de l'activité.

#### 7.2.2.3 La connaissance des mesures les plus adaptées pour réduire sa vulnérabilité

Des moyens et des mesures de mitigation (réduction de la vulnérabilité) sont également proposés en fonction des

atteintes portées à l'entreprise par l'inondation. Le diagnostic permet d'élaborer un plan d'actions avec l'entreprise en sélectionnant les meilleures actions de protection à entreprendre face aux inondations à l'échelle du site.

### 7.2.3 Des entreprises représentatives du tissu économique local et de sa diversité

#### 7.2.3.1 Des entreprises de taille et de secteur variés

Les entreprises qui ont participé à cette démarche étaient volontaires et ont été sélectionnées en fonction de leur secteur d'activité et de leur taille, représentatives du tissu économique local. Les effectifs de ces entreprises varient entre 30 et plus de 700 personnes.

#### 7.2.3.2 Perspective d'extension des diagnostics

Ces entreprises ont été sélectionnées dans une logique d'étendre les diagnostics au plus grand nombre d'entreprises exposées au risque d'inondation. La réalisation de ces diagnostics dans des situations aussi variées permet d'appréhender un grand nombre de cas de figure ; les entreprises choisies seront à même de témoigner pour les autres entreprises qui se retrouveront dans les cas étudiés.

## 7.3 Mise en œuvre des diagnostics de vulnérabilité

L'Équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature a réalisé un guide pour la conduite des diagnostics de vulnérabilité aux inondations pour les entreprises industrielles (Bruno Ledoux Consultants, SAGERIS, 2001). Ce guide est par ailleurs en cours de remise à jour avec l'assistance d'ARMINES. La méthodologie suivie s'appuie sur cet outil et comporte les trois étapes présentées en figure 7.2.

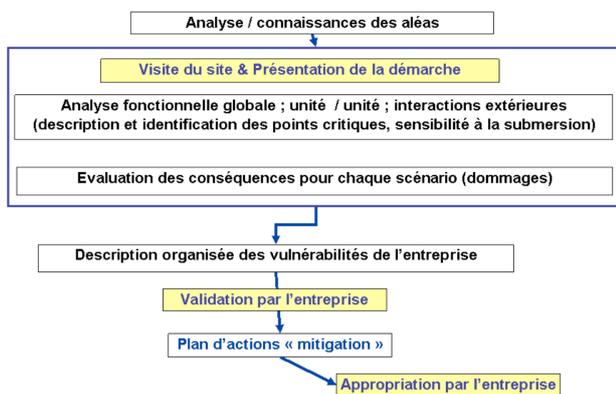


Fig. 7.2 Organigramme méthodologique du diagnostic

#### 7.3.1 Aléas et conditions de gestion de crise

La première étape, préalable à la visite du site, concerne l'aléa et les conditions de gestion de crise en cas de survenue de l'aléa. Lors de cette étape, les informations disponibles sur l'aléa sont recensées et collectées puis analysées au re-

gard de la situation géographique du site. La définition des scénarios d'inondation est réalisée à partir de la synthèse des connaissances disponibles sur les aléas inondation auprès des acteurs locaux (DIREN, DDE, opérateurs de réseaux d'eau, etc.).

Les scénarios sont ensuite affinés en fonction des caractéristiques du site identifiées lors de la visite. L'aménagement et la topographie des sites, étayés si besoin par des levés topographiques complémentaires, permettent l'interprétation des connaissances générales au niveau de chaque site :

- caractérisation des alentours du site : occupations des sols, pente, ... ;
- caractérisation du site (points bas et hors d'eau, obstacles, axes d'écoulement préférentiel (digues, routes)...)
- intégration des éléments dépendants (réseaux...).

Parmi les scénarios définis, un petit nombre de scénarios de gravités différentes est retenu pour le diagnostic : le choix de ces scénarios est réalisé par l'entreprise en fonction de la sensibilité et du niveau de risque qu'elle souhaite gérer (par exemple : fréquent, important, rare, etc.). Les informations concernant la gestion de la crise sont également collectées afin d'établir les procédures existantes extérieures au site concernant l'annonce des crues, les moyens prévus en terme de matériel et d'information, l'organisation de la gestion de la crise, les méthodes et les délais d'intervention, etc.

#### 7.3.2 Évaluation de la vulnérabilité du site

La deuxième étape se déroule pendant et après la visite de site et consiste à évaluer la vulnérabilité proprement dite. La phase essentielle de cette étape est la visite du site : il s'agit d'une visite détaillée du site, de ses infrastructures, de ses unités. Au cours de cette visite, des échanges avec les personnes clés de l'entreprise ont lieu ; ces échanges visent à :

- appréhender le fonctionnement global (quelles sont les productions avec quels moyens, quels intrants, quels clients finaux, quelles contraintes générales, etc. ?),
- estimer la sensibilité de chaque entité constitutive du site par rapport à l'inondation,
- évaluer l'importance de la dépendance des entités les unes par rapport aux autres (le dysfonctionnement d'une entité peut générer un blocage général),
- identifier les points critiques dans le fonctionnement de l'entreprise (par exemple : une machine spécifique peut demander des mois de réparation ou de fabrication si elle a besoin d'être réparée ou changée),
- étudier les spécificités de l'entreprise en terme d'organisation, de productions, de personnel, etc., qui conditionnent en partie sa vulnérabilité,
- identifier les types de personnel de l'entreprise (qualifications, flexibilité, localisation, etc.),
- déterminer les conditions de gestion de la crise en moyens humains et matériels,
- évaluer la couverture assurantielle par rapport aux risques.

L'analyse du fonctionnement de l'entreprise suivant les scé-

narios d'inondation établis, ainsi que l'analyse historique des sinistres vécus par l'entreprise permettent de recenser les conséquences d'une inondation pour l'entreprise en terme de :

- dommages directs : pertes des produits finis, des stocks, des équipements, dommages aux matériaux de structure (exemple fréquent : infiltration de l'eau dans les isolants des murs ou destruction par impact d'un élément charrié par l'eau (arbre dans une vitre), nettoyage, etc. ;
- pertes d'exploitation et les effets associés (pénalités, ...) : dépendant du nombre de jours d'arrêt avant remise en état ;
- conséquences pour le personnel (impact psychologique, chômage technique, etc.) ;
- effets induits : pertes de clientèle, incendie — explosion, pollution, atteintes au tiers.

Les conséquences de différents scénarios d'inondation et leur gravité sont ensuite évaluées à partir de cette visite, de l'expertise des dégâts dus aux inondations et des expériences du site en matière d'inondation ou d'autres sinistres. La restitution de cette analyse sous forme de tableaux présentant les niveaux de gravité des différentes conséquences permet une gradation des scénarios (tableau 7.1 p. 79). Les notes de gravité s'échelonnent de 1 (conséquences négligeables) à 4 (conséquences très graves) selon la méthodologie employée (Guide pour la conduite des diagnostics de vulnérabilité aux inondations pour les entreprises industrielles (Équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Bruno Ledoux Consultants, SAGERIS, 2001)).

Cette notation de vulnérabilité permet d'obtenir une gradation qui peut s'avérer différente de la gradation hydraulique exprimée en fréquence ou occurrence de la crue. Les exemples de la figure 7.3 p. 80 permettent d'illustrer ceci.

On voit que pour 3 scénarios, on peut avoir :

- soit une courbe d'aggravation des dommages qui suit la même pente que l'occurrence des crues (entreprise 1) ;
- soit une pente qui diffère, plus importante entre les scénarios 1 et 2 puis moins importante entre les scénarios 2 et 3 dans le cas de l'entreprise 2 (sorte de palier) : dans ce cas, les mesures les plus « efficaces » concerneront le scénario 2 ; au-delà le « gain » obtenu sera moindre.

Cette analyse a pour but d'identifier les pistes d'actions de réduction de vulnérabilité. D'autre part, cette étude met en évidence les points critiques sur lesquels l'entreprise doit axer ses priorités.

### 7.3.3 Plan d'actions de mitigation

La dernière étape est l'élaboration de recommandations visant à réduire la vulnérabilité. Il s'agit dans cette partie d'identifier les mesures de mitigation les plus adaptées pour les entreprises parmi la palette d'actions possibles sur le plan technique (ex. : batardeau, obturation des réseaux, rehaussement des éléments électroniques des machines) ou organisationnel (ex. : plan d'urgence, gestion des approvisionnements en période de crue). L'analyse d'efficacité de ces mesures met en évidence le gain attendu de la mesure en

matière de réduction des vulnérabilités et éventuellement le montant des dommages évités ainsi que le coût et les contraintes de mise en œuvre de la mesure. Le processus décisionnel appartient à l'entreprise qui doit s'impliquer afin de cerner au mieux ses volontés et ses possibilités pour pérenniser les mesures de réduction de la vulnérabilité. L'efficacité des mesures mises en place dépend également du suivi qui sera adopté par l'entreprise. Les priorités et les objectifs des mesures conseillées sont synthétisés dans un plan d'actions. Ce plan d'actions, et la démarche qui a permis d'y aboutir, sont présentés au cours d'une réunion bilan qui réunit les personnes-clés des entreprises autour des chefs d'entreprise.

## 7.4 Résultats

### 7.4.1 Des entreprises sensibilisées et réactives

Les entreprises qui ont fait l'objet de ce diagnostic se sont toutes montrées intéressées et convaincues par ce travail. Les indicateurs suivants notés entre parenthèses sont les éléments qui étayent les différents axes d'intérêts :

- Intérêt pour le diagnostic de vulnérabilité (présence des personnes à responsabilités et notamment du chef d'entreprise à toutes les réunions et surtout à la réunion bilan) ;
- Prise de conscience de la réalité du risque (intégration des scénarios comme des événements potentiels) ;
- Prise de conscience de la possibilité/nécessité de réagir (abandon de la posture désarmée face à une inondation adoptée en début de diagnostic pour une posture plus active) ;
- Rôle de l'entreprise face au risque/pouvoirs publics (moins de réclamations d'actions de la part des pouvoirs publics et plus de réflexions sur les actions possibles à engager en fin de diagnostic).

### 7.4.2 Le plan d'urgence, un élément-clé

Le plan d'urgence de l'entreprise est apparu comme un élément clé parmi les différentes mesures identifiées dans les plans d'action. C'est tout d'abord un élément très important pour améliorer la gestion de la crise et la capacité à réagir en cas d'inondation car il comporte les numéros utiles, les différents événements auxquels on peut s'attendre, la façon de réagir, etc. Un certain nombre d'éléments sont donc déjà réunis et les prises de décisions en sont grandement facilitées. Comme il s'agit d'un document nécessitant principalement du temps de collaboration entre les intervenants (pas d'investissement financier propre au départ), il est préférablement mis en œuvre par les entreprises. Mais c'est aussi un document qui oblige l'entreprise à se projeter dans un scénario d'inondation pour lister toutes les mesures à prendre, les réflexes à acquérir, etc. Il permet donc d'appuyer d'autres mesures du plan d'actions (par exemple, si le plan prévoit la mise en place de batardeaux, il faudra que ces batardeaux puissent être installés ; cela ne peut pas rester une simple recommandation si c'est inscrit au plan

Tableau 7.1 Exemple de tableau des conséquences pour une entreprise en fonction des scénarios établis

Scénario d'inondation	Conséquences	Dommmages directs	Pertes d'exploitation	Effets induits	Coûts	Gravité
Crue décennale	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ le site n'est pas atteint directement ;</li> <li>♦ les réseaux (routiers, etc.) desservant le site ne sont pas perturbés ;</li> <li>♦ l'eau peut s'avérer difficile à purifier.</li> </ul>				xx	1
<b>TOTAL = 1</b>						
Crue vicennale	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ le site n'est pas atteint directement ;</li> <li>♦ les réseaux (routiers, etc.) desservant le site ne sont pas perturbés ;</li> <li>♦ rupture de l'alimentation en eau potable (1 semaine) ;</li> <li>♦ information tardive de la non potabilité de l'eau.</li> </ul>				xxx	2
<b>TOTAL = 4</b>					xxx	
<b>Scénario d'inondation</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Dommmages directs</b>	<b>Pertes d'exploitation</b>	<b>Effets induits</b>	<b>Coûts</b>	<b>Gravité</b>
Crue centennale (avec rupture de digues)	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ les parties non développées du site sont inondées (20 à 50 cm d'eau)</li> <li>♦ site vulnérable aux actes de malveillance ;</li> <li>♦ les voiries, le parking et le bâtiment sont hors d'eau ;</li> <li>♦ les réseaux EU sont susceptibles de déborder dans l'atelier de maintenance (qq cm) ;</li> <li>♦ accès au site possible ;</li> <li>♦ rupture d'alimentation en eau potable ;</li> <li>♦ les réseaux électriques et gaz sont probablement perturbés</li> <li>♦ une partie du personnel est indisponible car lui-même inondé.</li> </ul>				x	x
		1				
		2				
		1				1
		2				3
						2
						2
<b>TOTAL = 14</b>						

d'urgence). Enfin, il représente souvent une mesure que les entreprises souhaitent adopter car il est transposable à d'autres risques auxquels les entreprises sont culturellement plus sensibles (incendie...). Il est parfois un élément qui justifie une limitation de l'augmentation de polices d'assurances.

### 7.4.3 Les éléments déterminants dans les mesures de mitigation

Les diagnostics étant relativement récents, il n'existe pas de données disponibles sur les actions réellement mises en œuvre ou non. Toutefois, de par les réactions ou les commentaires émanant des réactions bilans, il est possible de préciser les mesures qui ont été les plus favorablement ac-

cueillies et qui seront donc potentiellement les plus suivies. Dans le détail, ces mesures sont différentes d'un site à l'autre — à l'exception du plan d'urgence ; cependant les critères qui sont apparus prépondérants sont :

- le coût de mise en œuvre ;
- l'absence de leviers ou blocages importants (toutes les données sont déjà réunies pour décider de l'aménagement) ;
- les contraintes imposées au fonctionnement habituel ;
- la rapidité du « retour sur investissement ».

Comme il s'agit d'un concept récent et de démarche nouvelle, il apparaît très important de favoriser toutes les mesures potentiellement instigatrices (groupe de travail, pistes de

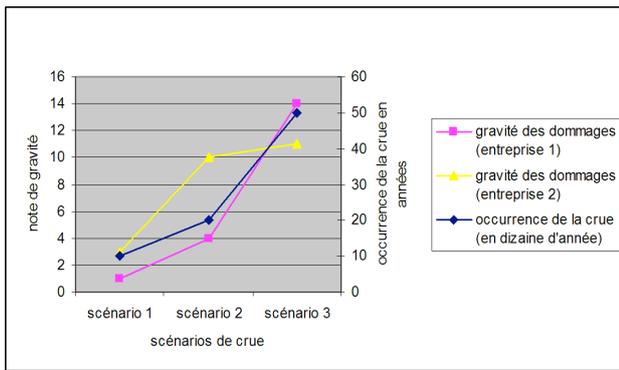


Fig. 7.3 Exemple de cotations de la vulnérabilité de deux entreprises selon trois scénarios

réflexion, ...) afin d'instaurer cette prise en compte du risque d'inondation à l'avenir.

#### 7.4.4 Les ressources à mobiliser : reflet des aspects multiples du concept de vulnérabilité

La réalisation du diagnostic nécessite la mobilisation de ressources différentes : hydraulicien, géomètre, spécialiste des process, des réseaux, en génie civil, acteurs locaux du risque d'inondation, financiers, expert en assurances, etc. Disposer de ces ressources, même ponctuellement, permet d'affiner les résultats du diagnostic de vulnérabilité et de le rendre encore plus crédible aux yeux de l'entreprise. Ceci reflète les domaines variés auxquels fait appel l'évaluation de la vulnérabilité telle qu'elle a été abordée dans l'introduction.

### 7.5 Des résultats récents et des perspectives à plus long terme

Les enjeux de ces diagnostics étaient, pour les entreprises concernées, d'appréhender le risque d'inondation auquel

elles sont exposées et les inciter à diminuer leur vulnérabilité. Un autre enjeu de ces diagnostics était d'inciter les autres entreprises exposées à entreprendre des démarches similaires. Pour l'instant, on ne dispose en termes de résultats que des réactions observées au cours des diagnostics et notamment lors des réunions de bilan. Ces réactions apparaissent comme positives et la reconnaissance du risque tout comme la nécessité de le réduire semblent acquises. Cependant, un suivi régulier sur le long terme des résultats serait nécessaire pour aller plus loin dans cette démarche de prévention.

## 7.6 Bibliographie

- Équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur, Bruno Ledoux Consultants, SAGERIS, (2001) — *Guide pour la conduite des diagnostics de vulnérabilité aux inondations pour les entreprises industrielles.*
- HUBERT G., LEDOUX B. (1999) — *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations* — Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 232 p.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (2002) — *Inondations. Guide de remise en état des bâtiments.*

### Remerciements

Nous remercions Antoine Billaudet de la Chambre de Commerce et d'Industrie de la Nièvre, Claire Devaux-Ros de l'Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Interrégional Grandeur Nature et Pascal Vivier de la DIREN Bourgogne pour leur collaboration et leur contribution à la bonne réalisation de cette étude.

## 8 Enquête post-crise et SIG pour une gestion de la vulnérabilité dans les zones inondées : application à l'échelle communale (Ivry-la-Bataille, Eure)

Éric MASSON

Laboratoire Gestion des milieux anthropisés UMR 8141  
CNRS Université des sciences et technologies de Lille, avenue Paul-Langevin, 59655 Villeneuve-d'Ascq CEDEX  
Eric.masson@univ-lille1.fr

**Résumé.** — Cet article présente une analyse du risque inondation menée à partir d'une enquête post crise réalisée auprès des habitants victimes d'une crue trentennale sur la commune d'Ivry-la-Bataille (vallée de l'Eure, France). Les résultats obtenus sont un bilan des conséquences de la submersion pour les logements situés en zone inondée et une estimation de la connaissance du risque inondation (exposition et vulnérabilité) chez les victimes et leurs représentations des causes (naturelles ou anthropiques) et des responsabilités (institutionnelles ou individuelles) relatives au risque vécu. Cette recherche a également abouti à la constitution d'une mémoire (SIG) du risque inondation précisant la relation aléa-vulnérabilité à un niveau opérationnel, infra-communal. Les résultats obtenus constituent ainsi une base de données indispensable à la mise en place d'une gestion du risque inondation qui intègre retour sur expérience et concertation dans l'objectif de réaliser les documents réglementaires, de prévention, d'aménagement et d'optimisation des secours sur la commune d'Ivry-la-Bataille.

**Mots-clés.** — risque inondation, SIG, Enquête, Ivry-la-Bataille, Eure.

**Title.** — *Post-crisis survey and GIS for a flooded zone vulnerability management : a local scale application (Ivry-la-Bataille, Eure)*

**Abstract.** — This paper presents a flood risk analysis based on a post crisis survey on the consequences of a thirty year return event for the Ivry-la-Bataille inhabitants (Eure valley, France). The results obtained are an assessment of consequences for the houses located in the flooded zone and an estimation of flood risk knowledge (exposure and vulnerability) and representations of origins (natural or anthropic) and responsibilities (institutional or individual) related to the lived risk. This research also led to the constitution of a flood risk GIS memory specifying the relationship between risk and vulnerability at an operational

scale. The results obtained thus constitute an essential data base in order to improve a local floodrisk management which integrates experience return and an actors dialogue, in the objective to carry out urban and prevention plans and develop mitigation and first relief optimization in Ivry-la-Bataille.

**Key-words.** — floodrisk, GIS, Survey, Ivry-la-Bataille, Eure.

### 8.1 Introduction

La commune d'Ivry-la-Bataille est située dans la vallée de l'Eure, affluent de la Seine en rive gauche en amont de Rouen. Ce cours d'eau de domaine sédimentaire draine une surface d'environ 6 000 km<sup>2</sup> pour une productivité hydrologique inférieure à 4 l/s/km<sup>2</sup>. Cependant, derrière cette apparente indigence hydrologique, le risque hydrologique n'est pas absent (E. Masson, 2002). En janvier 1995, une crue de type trentennale affecte l'ensemble du bassin versant de l'Eure. Aucun événement hydrologique d'une telle ampleur n'avait été observé depuis la crue de 1966, dont la période de retour a, quant à elle, été estimée à 44 ans (SOGREA, 2000). Dans l'intervalle 1966-95, le bâti d'habitation s'est développé en fond de vallée dans le bassin de l'Eure, suivant ainsi la dynamique nationale relative aux phénomènes de périurbanisation et de rurbanisation. Dans la vallée de l'Eure, la quasi absence de documents réglementaires de prévention intégrant le risque inondation et la cartographie confidentielle des zones inondées réalisée par la DDE ont concouru à une augmentation massive des enjeux en zone inondable.

L'analyse des conséquences de la crue de janvier 1995 (E. Masson, 1996, 2002) identifie Ivry-la-Bataille comme la commune la plus sinistrée du bassin versant de l'Eure. Une enquête post crise y a été menée (E. Masson, 1996), sur le thème de la vulnérabilité des habitations exposées et des représentations individuelles des causes (naturelles ou anthropiques) et des responsabilités (institutionnelles ou individuelles) relatives au risque vécu dans 141 communes du bassin versant de l'Eure (E. Masson, 2003), incluant celle d'Ivry-la-Bataille. La base de données résultant du dépouillement de l'enquête, couplée à un levé de terrain du

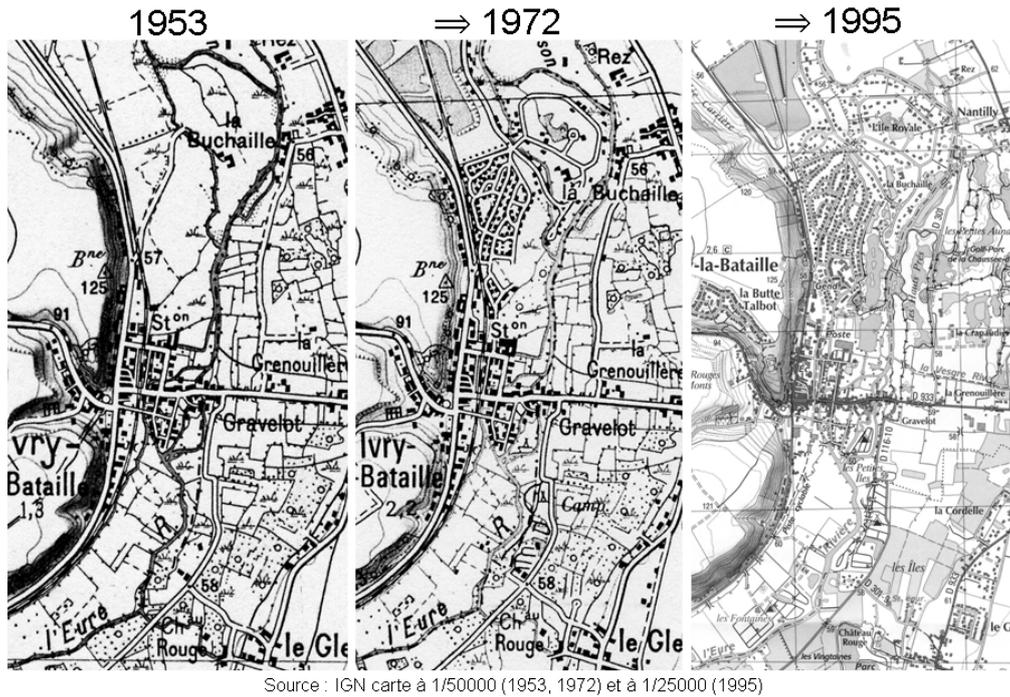


Fig. 8.1 Évolution de la construction en fond de vallée dans la commune d'Ivry-la-Bataille (période 1953-1995)

style architectural du bâti d'habitation, a permis de renseigner un SIG. Celui-ci constitue de ce fait une mémoire du risque inondation à l'échelle infra-communale. Il précise la relation aléa-vulnérabilité à un niveau opérationnel, indispensable à la mise en place d'une gestion durable du risque inondation intégrant retour sur expérience et concertation. L'objectif est ainsi de proposer une aide décisionnelle dans la réalisation des documents réglementaires, de prévention, d'aménagement et d'optimisation des secours à partir d'une méthodologie testée sur la commune d'Ivry-la-Bataille.

## 8.2 Les conséquences de la crue sur la commune d'Ivry-la-Bataille

Dans la commune d'Ivry-la-bataille, l'occupation du sol en fond de vallée est majoritairement composée par des surfaces urbaines (64%) principalement dédiées à l'habitat individuel et au réseau routier. Les zones « naturelles », prairies (32%) et l'hydrographie (4%) ne totalisent donc qu'un peu plus du tiers de la surface située en zone sensible. La construction en zone inondable (figure 8.1) a régulièrement progressé dans la commune au détriment des anciens terrains communaux dont la vocation était traditionnellement celle de pâtures dédiées à un élevage de type extensif.

Lors de la submersion consécutive à la crue de janvier 1995, la quasi-totalité de ces anciennes prairies humides (160 ha) s'est retrouvée inondée (photo 8.2 p. 83). Les logements individuels constituent alors le principal type d'enjeu ex-

posé avec quelques équipements collectifs (école, terrain de sport, parking...) dont certains de première importance (centre de secours et d'incendie, gendarmerie...) et quelques entreprises.

À l'échelle du département de l'Eure, Ivry-la-Bataille est gravement sinistrée et la situation nécessite l'envoi de nombreux renforts pour aider les secours locaux à faire face au nombre d'interventions nécessaires à la réduction des conséquences de la crue (sauvetage de biens et de personnes, mise en sécurité des sources de pollution ...) durant la période de crise (figure 8.3 p. 83). En effet, 43% de la population communale, soit près de 1 100 habitants sont directement concernés par les inondations (Masson E. 2002).

Parmi les 400 logements concernés par les inondations, 46 foyers ont été évacués et une quarantaine de famille a été provisoirement hébergée dans une salle municipale. Les 161 protections de biens (relevage de meubles, mise en sécurité de matériel électrique...) et les 32 épuisements (pompage dans les sous-sols et caves) constituent l'essentiel des missions réalisées par les Services d'Incendie et de Secours à Ivry-la-Bataille. La commune a ainsi totalisé à elle seule 18% de l'ensemble des actions de secours archivées au SDIS 27 pour l'événement hydrologique de janvier 1995. L'enquête post crise menée auprès de la totalité des foyers des zones inondées a permis de dresser un bilan de la vulnérabilité du bâti d'habitation dont 51% ont été construits depuis 1967 sur des terrains inondés et cartographiés comme tels lors de la crue de 1966. La vulnérabilité des logements est principalement liée au grand nombre de caves/sous-sols : 65% du bâti en zone inondée, dont plus de 90% ont été touchés lors de la crue de janvier 1995 (figure 8.4



Source : DDE 28, 1995

Fig. 8.2 Vue d'ensemble de l'inondation de janvier 1995 à Ivry-la-Bataille

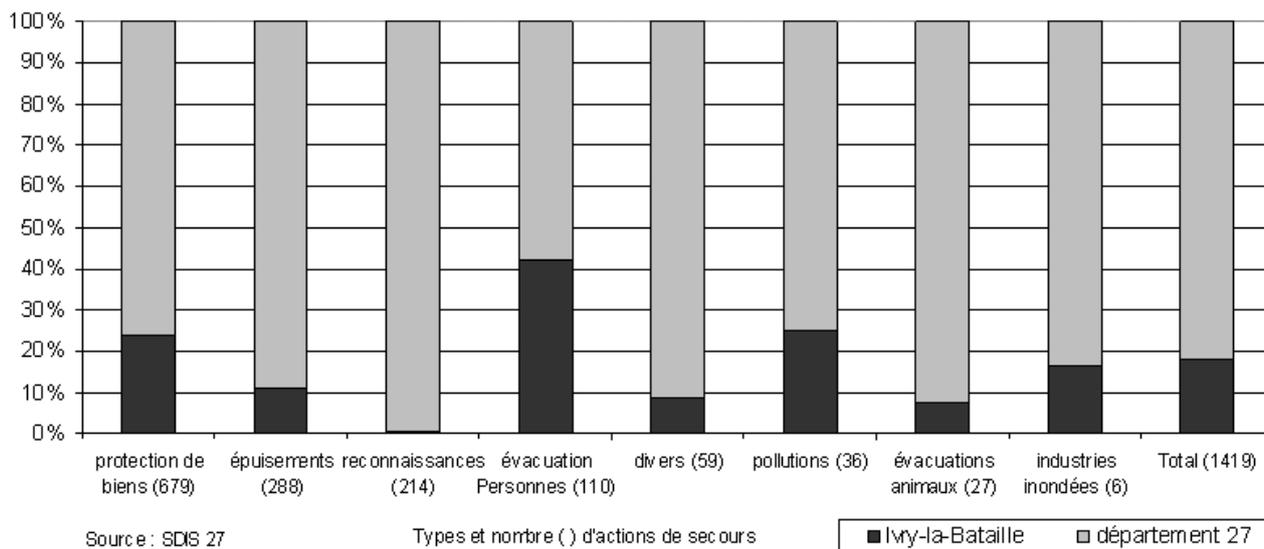


Fig. 8.3 Répartition des actions menées par les services de secours et d'incendie d'après les comptes rendus d'opération archivés au SDIS 27

p. 84). En effet, cette partie du bâti d'habitation concentre des biens matériels à forte valeur ajoutée (voiture, matériel électrique divers...) mais aussi des éléments essentiels au fonctionnement du foyer (chaudière, central électrique, congélateur...). Les dépendances (garages, abris de jardin, entrepôts...), systématiquement inondés (figure 3), participent également à la vulnérabilité globale des zones sinistrées. Bien que les rez-de-chaussée inondés ne concernent qu'un petit quart des habitations, les dommages y sont pourtant très importants car les durées de submersion dépassent localement plus d'une semaine en raison de la lente montée des eaux et de la décrue. Ce phénomène typique des crues de plaines sédimentaires en domaine océanique entraîne de sévères atteintes à la salubrité du bâti.

Les coûts directs estimés par les habitants atteignent près de 9000 K€ en 1995 (soit approximativement 1370 K€). Cependant, au moment de l'enquête, les assurances n'avaient pas encore remboursé les sinistres, limitant ainsi les possibilités d'estimation de pertes directes par les répondants. Ce retour sur expérience réalisé à l'échelle du foyer et généralisé sur l'ensemble de la commune a donc permis de constituer une base de données aléa/vulnérabilité qui, pour des raisons d'anonymat, est restée géoréférencée au niveau de la rue. Ce principe de retour sur expérience est largement reconnu (Condemine J.-P., 2000 ; Ledoux B., 2000) pour son utilité dans l'estimation de la vulnérabilité socio-économique des territoires dont la complexité impose des incertitudes non négligeables dans les outils de modélisation (Torterotot J.-P., 1993 ; Hubert G. et Ledoux B. 1999).

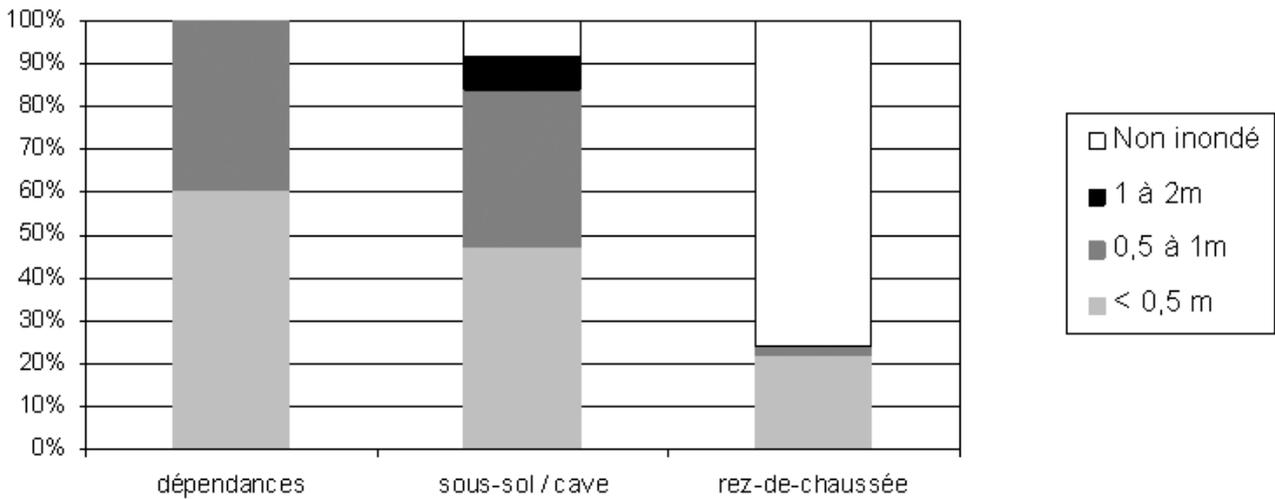


Fig. 8.4 Répartition des hauteurs de submersion dans les habitations des zones inondées d'Ivry-la-Bataille (source : enquête E. Masson, 1995)

### 8.3 Représentation post crise du risque chez les victimes de la crue de 1995

Pendant la période 1962-1999, l'accroissement de la population est de + 55,3 % sur la commune (source : PSDC, INSEE R.G.P. 1962, 1999). Cette population s'installe et construit principalement dans les zones inondables sans pour autant bénéficier d'une mémoire de l'aléa. Ainsi, l'inondation de janvier 1995 est perçue par les habitants comme un événement d'ampleur exceptionnelle, anormal, car jamais observé dans une telle combinaison intensité de l'aléa/densité des enjeux. De fait, plus de 70 % des habitants d'Ivry-la-Bataille estiment ne pas avoir connu d'événement comparable et avoir subi des perturbations importantes dans leur vie et leur mobilité quotidiennes au cours des dix dernières années (Masson E., 1996). Malgré un niveau d'enjeu humain quasi nul, les populations du bassin versant de l'Eure ont été très affectées par les conséquences directes mais aussi indirectes de l'inondation. Cet impact peut paraître d'un premier abord démesuré car les crues de l'Eure ne génèrent pas de phénomènes hydrologiques violents en comparaison des tristement célèbres crues cévenoles. Néanmoins, la montée des eaux, lente et inéluctable déstabilise profondément les populations exposées aux crues de plaine (Colbeau-Justin L. et De Vanssay B., 2001).

Deux questions étaient ainsi posées aux victimes concernant les impacts des inondations sur leur vécu quotidien et aussi, plus spécialement, sur leurs déplacements (fig. 8.5).

À la première question, c'est majoritairement le thème de la perte de confort (coupures d'électricité, chauffage, téléphone, eau potable...) qui apparaît en principale citation (29 %) après analyse du contenu sémantique des réponses. Deux autres thèmes s'en rapprochent également en nombre de citations. Ils concernent les conséquences « psychologiques » et les difficultés liées à la mobilité (chacun 21 %). Ce dernier thème justifie par ailleurs la pertinence de la seconde question, posée quant à elle sur les effets indirects

de l'inondation dans les déplacements des victimes lors de la crue de janvier 1995.

Les réponses obtenues à cette seconde question ouverte présentent des redondances avec la première, renvoyant ainsi les problèmes de mobilité à leurs conséquences dans le vécu quotidien de l'inondation. Cependant, les répondants qualifient mieux l'impact sur leurs déplacements avec un thème prépondérant (38 %), relatif à la « difficulté » qu'impose la submersion des moyens de locomotion et du réseau routier sur la mobilité professionnelle et celle liée au fonctionnement des ménages (courses, santé, loisirs...).

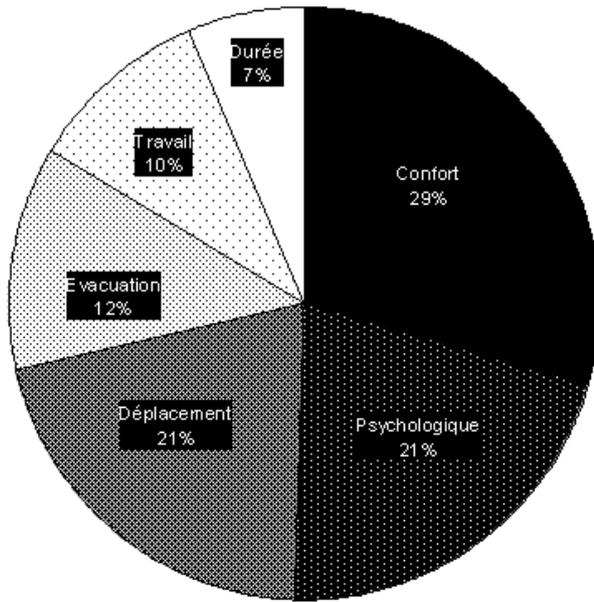
Pour estimer les représentations que les victimes avaient des conséquences de la crue de janvier 1995, deux autres questions ouvertes ont été posées. La première concernait les causes et responsabilités supposées concernant le risque subi. La seconde interrogeait les victimes sur les solutions qu'elles envisageaient devoir être mises en œuvre pour lutter contre le risque inondation.

Concernant les causes et responsabilités (figure 8.6 p. 85), c'est la gestion des rivières (31 %), la dégradation du milieu (28 %) et l'urbanisation (20 %) des zones inondables qui représentent l'essentiel des thèmes exprimés. Lorsque que l'on analyse les sous thèmes, c'est plus précisément le mauvais entretien (14 %) des cours d'eau (lits, berges, ripisylve, affluents...) et des ouvrages de régulation/protection (11 %) ainsi que la problématique du zonage urbain (9 %) qui sont mis en avant par les répondants.

Chez les victimes, l'impact négatif de la société sur le fonctionnement de l'hydrosystème occulte donc complètement l'importance de l'aléa, une période de retour trentennale, et un phénomène climatique généralisé à l'ensemble de l'Europe du nord-ouest, qui est pourtant le processus expliquant l'ampleur des inondations subies en janvier 1995.

Concernant les solutions envisagées, c'est l'entretien des cours d'eau (32 %), la gestion des débits (28 %) et la prévention (22 %) qui sont les principaux thèmes proposés par les répondants (figure 5). L'analyse des sous thèmes révèle

Répercussions de l'inondation dans le quotidien (905 avis exprimés)



Répercussions de l'inondation dans les déplacements (973 avis exprimés)

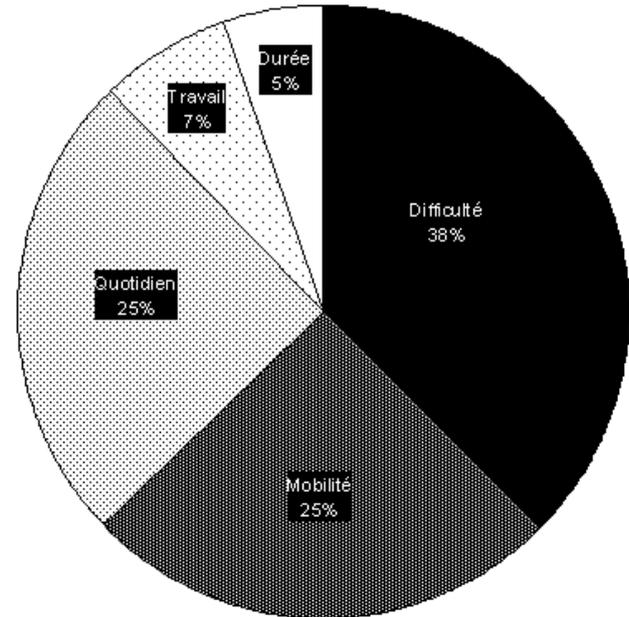
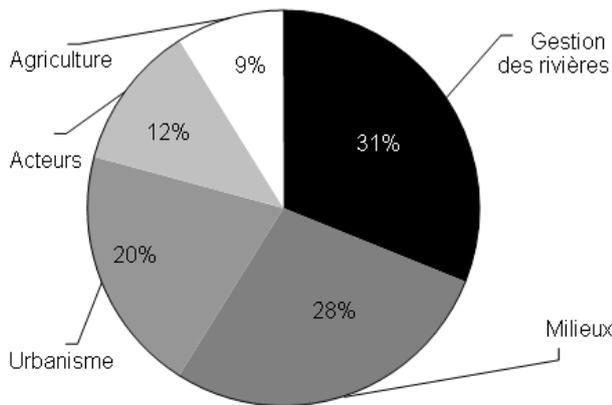


Fig. 8.5 Impacts des inondations sur la qualité de vie et la mobilité des populations situées dans les zones inondées (source : Masson E. 2002, modifié)

La responsabilité des conséquences de l'inondation (1258 avis exprimés)



Les solutions à adopter face aux conséquences de l'inondation (1201 avis exprimés)

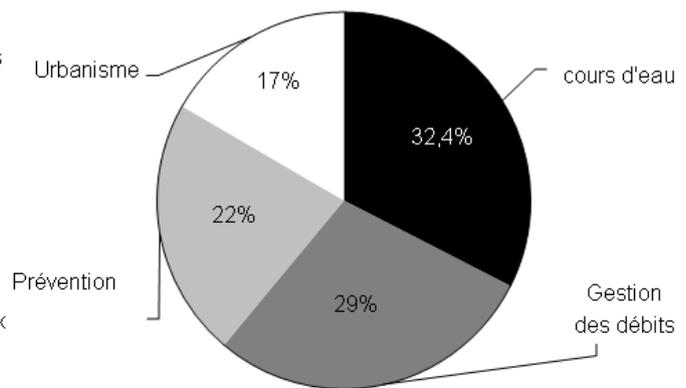


Fig. 8.6 Représentation du système responsabilité/solutions vis-à-vis du risque inondation chez les victimes de la crue de janvier 1995

l'importance prépondérante de la demande en matière d'information/prévention à destination des populations (17%) et une augmentation des capacités d'écoulement (volumes et vitesses) dans le réseau hydrographique (14%). L'urbanisation des zones inondables n'est que faiblement mise en cause (17% urbanisme) ce qui tend à indiquer que les victimes des inondations, attachées à leur lieu d'habitation, souhaitent d'abord une meilleure information et si possible une gestion hydraulique des débits de crue. Même si la prévention l'emporte dans les solutions envisagées, le réflexe de l'utilisation des mesures structurelles lourdes (type génie civil) est encore bien présent au sein de la population enquêtée.

Les représentations post-crise des conséquences des crues revêtent une importance non négligeable dans la gestion du risque inondation. Elles permettent d'une part de cibler les actions de prévention et d'information sur les thèmes qui sont mal compris ou mal gérés par les populations (fonctionnement de l'hydrosystème en crise, recours aux mesures structurelles et conséquences en terme d'aggravation du risque...) et, d'autre part, elles participent à l'élaboration du diagnostic de vulnérabilité en apportant des pistes de réflexion pour la conduite de la concertation dans l'élaboration des documents communaux de prévention et d'aménagement du territoire (PPR, DCS, DICRIM, PPI, PLU...).

#### 8.4 La réduction de la vulnérabilité de l'existant : l'apport des outils géomatiques

La réduction potentielle de la vulnérabilité pour l'existant peut s'appuyer sur les technologies actuelles de la géomatique. Les systèmes SIG sont aujourd'hui ultramobiles (PAD + DGPS + logiciels) et largement diffusés parmi les acteurs en charge de l'aménagement du territoire, des services de secours et de protection civile. Il est donc possible de tenir à jour une base de données géoréférencées (BDG) qui tienne compte de la complexité de la vulnérabilité du bâti et des enjeux socio-économiques qui y sont associés. Cette connaissance fine des enjeux est indispensable au diagnostic du risque inondation, donc à sa gestion.

Dans le cas d'Ivry-la-Bataille il est apparu que l'importance des dommages dépendait des cotes de submersions observées dans les rez-de-chaussée, caves et dépendances (E. Masson, 1996). Une BDG a donc été constituée à partir d'un levé de terrain sur la vulnérabilité structurelle du bâti dans les zones inondables de la commune (figure 8.7 p. 87). Les données attributaires de la BDG ont été complétées par les résultats de l'enquête post-crise et par l'exploitation des archives des services institutionnels (DDE, SDIS).

La BDG permet ainsi d'estimer la vulnérabilité individuelle de chaque bâtiment. Cependant, la mobilité des biens, des activités et des personnes, dans le temps et l'espace communal, impose une réactualisation de la base. Elle doit ainsi intégrer les mutations des enjeux (augmentation/réduction), l'évolution de leur vulnérabilité (prévention/mitigation) et l'occurrence d'un nouvel aléa dommageable, de période de retour significative, dont les conséquences seront nécessairement différentes dans le détail. Les outils géomatiques permettent de gérer efficacement les connaissances de la vulnérabilité à l'échelle fine complétant ainsi d'autres méthodes gérant le risque à l'échelle parcellaire (O. Gilard, 1998). Enfin les capacités d'intégration des données SIG offre la possibilité d'une gestion multiscalaire depuis l'échelle opérationnelle, par l'identification individualisée des enjeux majeurs d'une commune et de leur vulnérabilité, jusqu'à l'échelle décisionnelle communale, pour l'optimisation des actions de secours, ou départementale pour la gestion de crise (SIDPC/CODIS).

#### Conclusion

L'ensemble des résultats obtenus permet d'envisager une réduction de la vulnérabilité de l'existant dans les zones inondables d'Ivry-la-Bataille en appliquant des mesures de mitigation adaptées aux spécificités individuelles de chaque type de bâti d'habitation.

Cette base de travail, aisément actualisable doit permettre d'élaborer à moyen terme une gestion du risque, une réglementation de l'urbanisation et une optimisation des secours à l'échelle opérationnelle. De plus, un SIG alimenté et en-

riche par une pratique répétée du retour d'expérience (à chaque crue) permettrait de tenir à jour la base de données attributaires concernant les facteurs participant à la vulnérabilité du bâti d'habitation et à son niveau de protection.

Par ailleurs, la récente généralisation au niveau national de référentiels géographiques à l'échelle opérationnelle (BD Ortho, Topo, Parcellaire, Adresse) et leur intégration au Référentiel à Grande Échelle (RGE) augure d'une meilleure gestion de l'information nécessaire à la réalisation des documents de prévention du risque inondation (PLU, PPR, DCS, DICRIM). Une telle BDG doit être enrichie localement par la production de données thématiques géoréférencées (zones inondées, réglementation de l'aménagement et de l'urbanisme...) et attributaires (cotes de submersion, conséquences des crues...). Son développement est envisagé pour la commune d'Ivry-la-Bataille.

#### 8.5 Bibliographie

- CONDEMINÉ J.-P. (2000) — Le retour d'expérience et la sécurité civile : réflexions et perspectives. — *La Houille Blanche*, vol. 1, pp. 73-74.
- GILARD O. (1998) — *Les bases techniques de la méthode Inondabilité* — CEMAGREF, 207 p.
- COLBEAU-JUSTIN L. et de VANSAY B. (2001) — *Analyse psychosociologique auprès des sinistrés des inondations de la Somme* — Rapport d'étude, 150 p.
- HUBERT G. et LEDOUX B. (1999) — *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations* — Presses de l'ENPC, 232 p.
- LEDOUX B. (2000) — La pratique du retour sur expérience pour éclairer les stratégies de mitigation — *La Houille Blanche* — vol. 1, pp. 79-83.
- MASSON E. (1996) — *Les conséquences de la crue de janvier-février 1995 dans les communes de Saint-Georges-Motel, Marcilly-sur-Eure, Croth, Ezy-sur-Eure, Ivry-la-Bataille et de Garennes-sur-Eure* — Rapport d'étude, CREGEPE/ Direction Départementale de l'Équipement de l'Eure, 121 p.
- MASSON E. (2002) — *Les conséquences des crues dans le bassin versant de l'Eure. Le risque inondation dans un hydrosystème anthropisé* — Thèse de doctorat, Université de Caen Basse-Normandie, 2 vol., 700 p.
- MASSON E. (2003) — *Retour sur expérience à l'échelle du bassin versant : le cas de la crue de janvier 1995 dans le bassin versant de l'Eure* — Actes du colloque Inondations en France : prévention, responsabilités, gestion. Montpellier, 2002, 7 p.
- SOGREAH (2000) — *Étude hydraulique des écoulements dans l'agglomération de Louviers* — Rapport de phase 1, pp. 13-17.
- TORTEROTOT J.-P. (1993) — *Le coût des dommages dus aux inondations : Estimation et analyse des incertitudes* — Thèse de doctorat, ENPC — CERGRENÉ, 283 p.

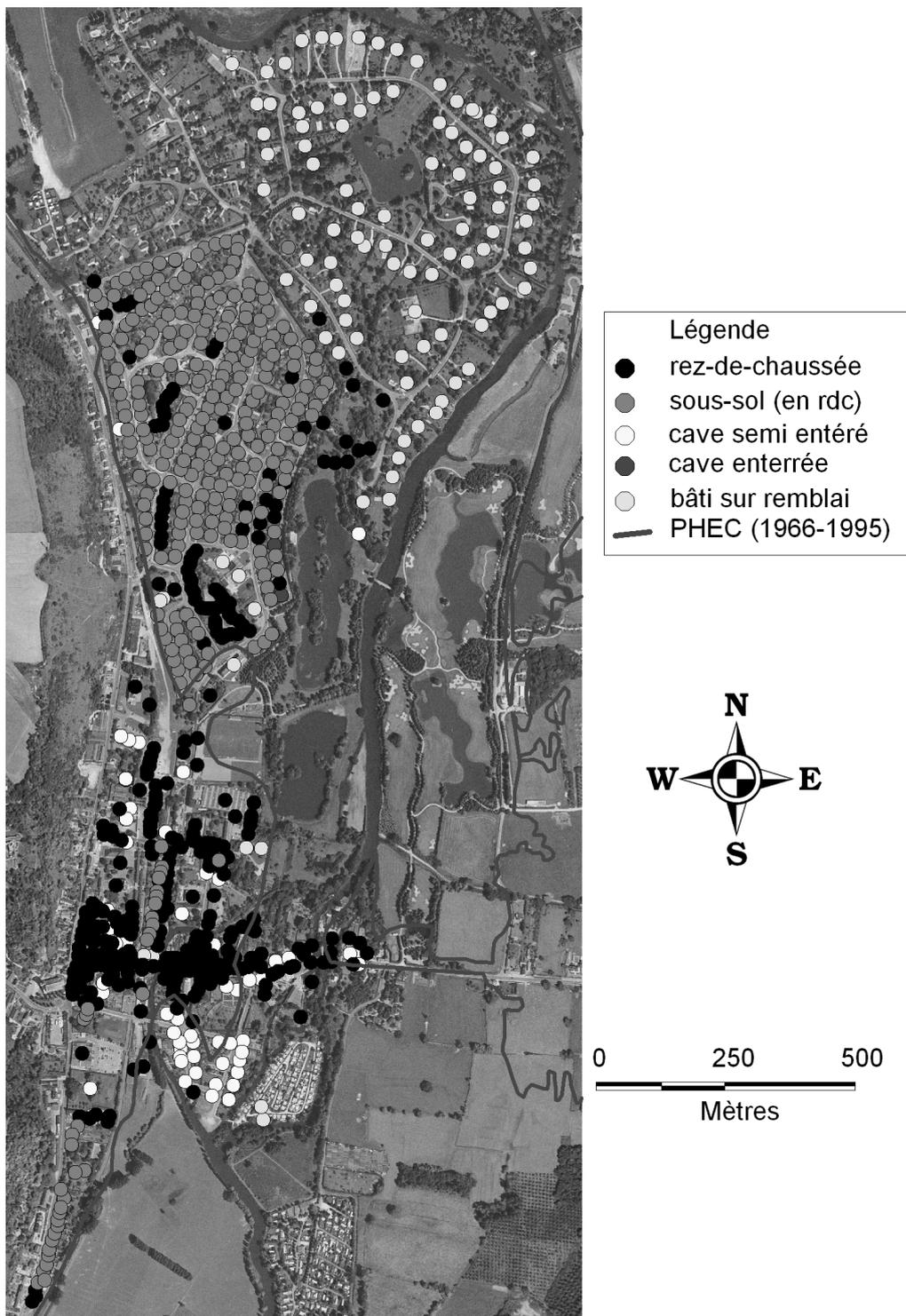


Fig. 8.7 Diagnostic architectural de la vulnérabilité du bâti dans les zones inondées d'Ivry-la-Bataille (Fond : BD Ortho IGN; Relevés terrain E. Masson)

### Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des acteurs, M. Bricaud (maire d'Ivry la bataille), Service Aménagement du territoire et Environnement (DDE 27), Service Urbanisme et Environnement (DDE 28), Service Interministériel de Défense et

de Protection Civile et Service Départemental d'Incendie et de Secours de l'Eure, et plus particulièrement la population d'Ivry-la-Bataille victime de la crue de 1995 (Préfecture 27), sans qui il n'aurait pas été possible de reconstituer une mémoire du risque inondation du niveau communal à celui du bassin versant de l'Eure.



## 9 Conception, réalisation et expérimentations d'un outil d'autodiagnostic des vulnérabilités des PME-PMI aux inondations

Paul MENGUAL et Franck GUARNIERI

Pôle Cindyniques — École des mines de Paris UNSA, B.P. 207, 06904 Sophia Antipolis Cedex

Paul.Mengual@ensmp.fr

**Résumé.** — L'objectif de ce travail est de développer un outil de gestion du risque d'inondation pour les entreprises. Cet instrument doit donner au chef d'entreprise les moyens de « redémarrer son activité le plus rapidement possible » après une inondation. Il doit garantir une certaine conscience du risque : connaître les conséquences sur l'activité, sur l'organisation de l'entreprise, sur les relations clients et fournisseurs, le coût des dommages, la gestion de la crise... Nous voulons montrer que la prise en compte de l'aléa inondation permet au moins de rester compétitif en cas de survenance du phénomène. La mise en place de mesures de prévention permet de limiter les dommages et la perte d'exploitation. Une telle attitude permet à l'entreprise d'entrer dans une démarche de réduction de ses vulnérabilités. Cette démarche garantit aussi la promotion d'un esprit de responsabilité dans un contexte de développement économique.

**Mots-clés.** — vulnérabilité, PME-PMI, inondation, diagnostic, risques naturels.

**Title.** — *Floods and Small and Medium Sized Companies, toward a self diagnosis tool for vulnerability reduction*

**Abstract.** — The objective of this work is to provide a flood hazard management tool and an assistance to companies. This instrument must give to the head of the company the means of « starting again the activity as fast as possible ! » after a flood. It must guarantee a certain awakening of the risk : effects on the activity, the company organisation, clients relationships and/or suppliers, the cost of damage, the crisis management... We want to show that the taking into account of hazard at least makes it possible to remain competitive in case of the unexpected arrival of the flood. The use of preventive actions makes it possible to limit the damage and the trading loss, and consequently companies enter a process of vulnerability reduction. Such a process must also guarantee a responsibility spirit promotion in an economic development context.

**Key-words.** — vulnerability, SME, flood, diagnosis, natural hazard.

### 9.1 Contexte de l'étude

Les conséquences d'une inondation pour une entreprise peuvent être lourdes, en particulier pour tout ce que l'arrêt d'activité, qui peut durer plusieurs semaines, entraîne comme perturbations. Des retours d'expériences auprès d'entreprises inondées à plusieurs reprises ont montré que celles qui avaient spontanément adopté des mesures pour réduire leur vulnérabilité subissent nettement moins de dommages lors d'une inondation ultérieure et reprennent leur activité plus rapidement, par rapport à celles qui ne font rien (D'Ercole *et al.*, 2004).

#### 9.1.1 Territoire d'étude

Les crues sont un phénomène courant qui s'inscrit dans la logique des cours d'eau. Le bassin de la Loire moyenne (de Nevers à Nantes) n'échappe pas à cette dynamique générale. À de très nombreuses reprises, en moyenne 3 à 4 fois par siècle, des crues fortes à très fortes s'y sont produites provoquant pour certaines des inondations catastrophiques. Même si, exceptionnellement, le xx<sup>e</sup> siècle n'a été marqué que par une seule crue importante en 1907 (cinquantennale), le retour de telles inondations est réel et certain.

Le risque en sera d'autant plus important que l'exception météorologique de ces 100 dernières années a conforté les décideurs et les aménageurs dans leur maîtrise des éléments naturels. Barrages, levées et surtout « nouveaux phénomènes météorologiques » ont été les artifices mis en avant pour continuer à développer les villes ligériennes en zones inondables.

#### 9.1.2 Type d'inondation et coût des dommages

Toutes les communes des vals de Loire sont concernées, depuis le bec d'Allier jusqu'au bec de Maine. Le territoire de 50 des 253 communes riveraines de la Loire moyenne sera totalement inondé par une crue similaire à celles de 1707, 1711, 1733, 1790, 1846, 1856, 1866 (Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, 2000). Ces crues furent caractérisées par la conjonction de deux phénomènes : une crue de type océanique issue de perturbation venues de l'Ouest et un orage cévenol sur la haute Loire. Ce type de crue concernerait aujourd'hui 115 000 logements, 14 000 entreprises, 2 500 km de routes... Même si, contrairement à ce que nous apprend l'histoire, les levées tiendraient dans tous les endroits stratégiques, la facture resterait encore élevée : plus

de 4 milliards d'euros de dommages avec en plus quelques remontées de nappe à Tours et à Orléans (+ 150 millions d'euros l'unité).

### 9.1.3 La Très Petite Entreprise, un enjeu majeur

Cet outil s'adresse aux entreprises exerçant leur activité en zone inondable. Il est plus particulièrement destiné aux Très Petites Entreprises (TPE : de 1 à 50 employés) car ce sont celles les moins sensibilisées au risque d'inondation. Cet outil a pour ambition de couvrir tous les types d'activités (commerce, service, production). Il est également possible d'utiliser cet outil pour les entreprises situées hors des zones inondables mais susceptibles de subir des dysfonctionnements engendrés par des problèmes extérieurs (habitations inondées, accès à l'entreprise perturbée, utilités externes interrompues...). Aujourd'hui, plus de 40 % des dommages potentiels engendrés par une inondation seraient imputables aux activités économiques du territoire concerné.

## 9.2 Réalisation d'une méthode d'autodiagnostic et processus de validation

### 9.2.1 Le modèle de Vulnérabilité

La vulnérabilité se caractérise par toutes les conséquences d'un phénomène sur les enjeux présents (figure 9.1). L'entreprise représente donc les enjeux et sa vulnérabilité est donc caractérisée par toutes les conséquences qu'aura une inondation sur cet enjeu spécifique. En d'autres termes, la vulnérabilité se mesure en inventoriant toutes les conséquences engendrées sur l'entreprise par une inondation. Dans un sens le plus large, elle exprime le niveau de conséquences prévisibles d'une inondation sur l'entreprise (Leone, 1996). Ainsi, par anticipation, l'étude de la vulnérabilité d'une PME doit permettre de connaître sa susceptibilité à être endommagée.

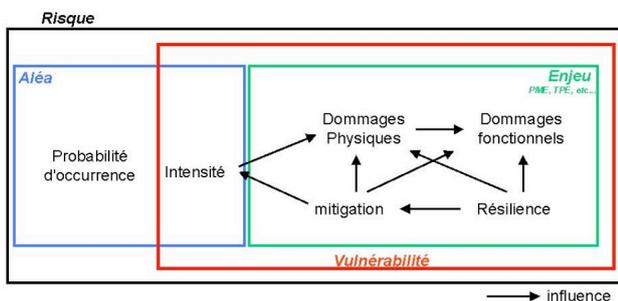


Fig. 9.1 Schématisation du concept de vulnérabilité par rapport au risque naturel

Les quelques retours d'expériences que nous avons pu étudier ont permis de construire une typologie des dommages potentiels tendant vers l'exhaustivité et comprenant trois grandes catégories :

- dommages directs,
- dommages indirects,

- effets induits.

Cette typologie nous a permis de déduire une cinquantaine de critères caractérisant la vulnérabilité d'une PME-PMI. Ainsi, comme nous l'avons écrit plus haut, l'utilisation de l'analyse structurelle a abouti au classement des critères de vulnérabilité selon deux dimensions :

Une dimension matérielle et fonctionnelle :

- Les questions relatives à la production,
- Les questions relatives aux stocks.

Une dimension plutôt immatérielle et organisationnelle :

- Les questions relatives aux hommes,
- Les questions relatives aux finances propres,
- Les questions relatives à l'indemnisation.

### 9.2.2 Le modèle de la TPE

Trois modèles génériques ont été retenus en fonction de trois grandes catégories d'activités : le modèle d'une société de production ; le modèle d'une société axée sur la vente ; le modèle d'un bureau d'études (figure 9.2 p. 91).

### 9.2.3 Méthodologie d'autodiagnostic

Le chef d'entreprise apparaît le mieux placé pour étudier la vulnérabilité de son entreprise car il dispose d'une vision globale et peut prendre le recul nécessaire pour mettre en place un tel outil dans l'intérêt de l'entreprise (Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, 2000). En effet, les très petites entreprises sont souvent portées par un seul dirigeant qui assume plusieurs fonctions.

Cet autodiagnostic est composé de six parties. Elles définissent le mode opératoire à suivre. Pour chaque étape, un ensemble d'actions est à réaliser afin de mener à bien l'autodiagnostic (remplir des fiches, répondre à des questions, faire des calculs de temps et de coûts, etc.) :

- Évaluation du niveau de sensibilisation du chef d'entreprise au regard du risque d'inondation. Prise de connaissance du scénario d'inondation (paramètres de l'inondation : hauteur d'eau, vitesses, turbidité, débordement, remontée de nappe, etc.).
- Estimation des dommages matériels et de leurs conséquences sur le fonctionnement de l'entreprise. Pour évaluer la gravité des conséquences d'une inondation sur une entreprise nous avons choisi d'abord ce problème sous trois angles différents : l'ampleur des dommages matériels, leurs coûts et l'incidence de ces dommages sur le fonctionnement de l'entreprise en faisant appel à l'analyse fonctionnelle (il s'agit de construire le schéma fonctionnel de son entreprise en mettant en interrelation des fonctions telles que la production, la gestion, commerce, etc.). Pour mesurer cette incidence sur le fonctionnement de l'entreprise, nous avons choisi d'interroger le dirigeant sur les grandes fonctions de son entreprise en lui proposant quatre niveaux de gravité fonctionnelle : Quelle serait l'incidence de la perte de ce bien sur le fonctionnement de l'entreprise ?

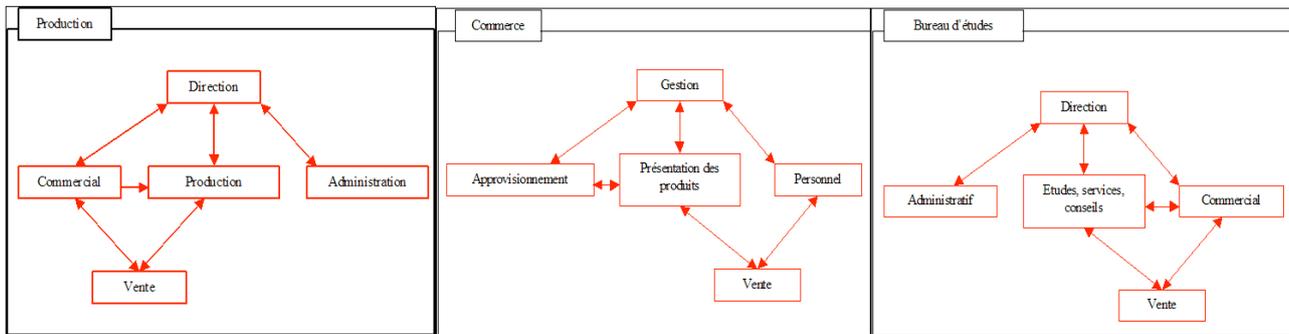


Fig. 9.2 Modèle fonctionnel d'une entreprise (production, négoce et service)

- Un arrêt partiel de la fonction auquel il appartient ?
- Un arrêt complet de la fonction ?
- Un arrêt complet de plusieurs fonctions ?
- Un arrêt total de l'activité ?

Ces approches sont complémentaires et confrontent un jugement qualitatif à des données quantitatives qui vont permettre au dirigeant de définir plus précisément ses priorités d'actions.

- Identification des vulnérabilités dites « organisationnelles » permettant ensuite, d'apprécier plus précisément la durée d'interruption de l'activité.
- Bilan de l'identification des vulnérabilités — sélection des vulnérabilités majeures.
- Choix et hiérarchisation des mesures de réduction des vulnérabilités.
- Suivi des mesures et évaluation du progrès (nouvelle estimation des dommages et de la durée d'arrêt d'activité).

Concrètement, l'autodiagnostic est un document papier en trois volets :

- L'autodiagnostic lui-même (série de fiches et de tableaux de correspondances liant les problèmes identifiables avec les mesures contenues dans un recueil).
- Un guide d'utilisation (mode d'emploi de 40 pages).
- Un recueil de mesures de réduction de la vulnérabilité de l'entreprise.

#### 9.2.4 Principaux enseignements de ces expérimentations

Aujourd'hui, la première série d'expérimentations a été réalisée. Cinq entreprises du Loiret ont déjà participé aux expérimentations de l'autodiagnostic, cinq autres entreprises ont été auditées dans le département des Alpes Maritimes (dont une est un site Seveso II, seuil haut). L'objectif principal de cette première série d'expérimentations a été de tester le mode opératoire de l'autodiagnostic auprès d'un panel d'entreprises prêtes à jouer le jeu pendant une demi-journée. Au départ, il était prévu de consacrer une demi-journée à la réalisation de chaque interview/autodiagnostic (entre trois et quatre heures), or, cette durée fut le plus souvent écourtée vu la faible disponibilité de la majeure partie des entreprises (3 heures en moyenne).

Les entreprises ont été choisies en privilégiant des réseaux d'acteurs. La Chambre de Commerce et d'Industrie du Loiret nous a permis, par exemple, d'obtenir des rendez-vous avec cinq entreprises de son département. Nous retiendrons dans un premier temps qu'il a été très difficile de trouver des entreprises motivées pour tester l'outil.

La partie qui suit reprend les principaux enseignements tirés de toutes les expérimentations : l'intérêt d'une décomposition fonctionnelle de l'activité de l'entreprise ; les problèmes posés par la lourdeur de certaines questions sur l'identification des vulnérabilités organisationnelles ; l'importance de la configuration des locaux de l'entreprise ; l'insertion de la composante « psychologie du personnel » et le problème du temps nécessaire à la réalisation de cet autodiagnostic.

D'un point de vue général, l'outil a très bien été accueilli par les dirigeants d'entreprises et malgré une mise en œuvre quelquefois jugée complexe, leurs avis furent positifs. Concrètement, ils se sont tous sentis concernés. À l'issue des tests, chaque dirigeant a affirmé que l'outil répondait totalement aux objectifs préétablis (avec une nuance sur l'exhaustivité et la précision des mesures de réduction).

Avant tout, il a été nécessaire de mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de la construction des scénarii (incertitude sur la hauteur d'eau due aux incertitudes multiples des modèles de crue et du positionnement x, y et z des entreprises. Dans un deuxième temps, nous avons fait l'analyse des réactions de chaque entreprise au mode opératoire de l'autodiagnostic. Nous proposons de faire la synthèse de ces apports dans les paragraphes suivants.

##### 9.2.4.1 Intérêts et bénéfices pour l'entreprise

L'information la plus importante pour les entreprises reste les paramètres du scénario d'inondation : connaître le délai d'alerte, la hauteur d'eau et la durée de submersion constitue un bénéfice important (« on sait maintenant ce à quoi on est confronté ! »).

D'autre part, plus globalement, il ressort de ces entrevues des considérations concrètes. En effet, les problèmes identifiés ont été jugés par les dirigeants comme une réalité qu'il fallait corriger. À titre d'exemple, la perte d'une partie ou de la totalité de la mémoire de l'entreprise (documentation, fichiers clients, archives, sauvegarde informatique, etc.) peut être la conséquence de plu-

sieurs perturbations (incendie, dégâts des eaux, inondation, etc.). D'une part, l'autodiagnostic a permis d'identifier une vulnérabilité forte pour l'entreprise (effets désastreux sur le fonctionnement à moyen et long terme), d'autre part, il permet de réfléchir à une mesure efficace sur les multiples aléas susceptibles de générer de telles conséquences.

Le calcul de la durée d'interruption de l'activité est une étape qui permet de sensibiliser rapidement les chefs d'entreprise. Par exemple, un dirigeant qui inscrit un total approximatif de plus de 150 jours d'inactivité suite à une inondation reçoit une sorte d'électrochoc car bien souvent une telle durée d'inactivité sera lourde de conséquences pour l'entreprise. Dans la plupart des cas, l'autodiagnostic met en avant certaines méconnaissances du dirigeant sur son niveau de couverture par les assurances (de nombreuses informations à ce sujet sont fournies dans le fascicule des mesures).

En ce qui concerne les mesures, les dirigeants qui ont eu le temps de les consulter ont été satisfaits car elles sont à la fois efficaces sur certains points et suffisamment globales pour s'adapter aux particularités de chacun.

Ces expérimentations ont permis aux dirigeants de prendre réellement conscience du problème auquel ils sont confrontés. Lorsque vous dites à certains dirigeants qu'ils ont plus de chance d'être inondé par la Loire que de subir un incendie, ce type d'argument (qui est une réalité locale) est efficace.

#### 9.2.4.2 Le schéma fonctionnel

Il fait appel à un niveau d'abstraction que les personnes interviewées ont du mal à atteindre. Seul un entrepreneur a réalisé le sien et avec une orientation clairement appuyée sur le client, ce qui n'a pas permis d'approcher le fonctionnement de son entreprise. Tous les autres ont en fait dessiné un plan de leurs bâtiments. Ainsi, l'utilisation de l'analyse des impacts des dommages directs sur les différentes fonctions de l'entreprise ne semble pas être efficace.

Dans tous les cas étudiés, le dirigeant a fait la remarque suivante : « À quoi ça sert ? Toutes les fonctions de mon entreprise seront interrompues ». Or, ce paramètre participe à l'évaluation de la gravité du sinistre, il est donc indispensable de s'interroger sur les conséquences réelles des dommages aux biens sur l'activité. En d'autres termes, cette analyse permet de hiérarchiser les dommages directs, et par conséquent de donner un ordre de priorité dans les mesures choisies. Quoiqu'il en soit, nous suggérons de conserver cette analyse. Il conviendra de trouver un moyen plus efficace pour la faire appliquer aux dirigeants : plus d'exemples, peut-être faudra-t-il orienter cette vision sous forme de « tâches clés »...

#### 9.2.4.3 Les vulnérabilités dites « organisationnelles »

Dans la plupart des cas, la fiche d'identification des « vulnérabilités organisationnelles » est apparue très pertinente mais difficile à aborder (lourdeur dans certaines questions). Il conviendra d'éclaircir et de réduire la longueur de certaines d'entre elles.

#### 9.2.4.4 Les impacts d'une inondation sur le comportement du personnel après la catastrophe

Trois chefs d'entreprise nous ont suggéré d'insérer une question sur les conséquences du traumatisme psychologique sur le rendement du personnel. Une fois la catastrophe passée, le personnel retrouvera-t-il la même efficacité qu'avant le sinistre ? Ces trois dirigeants ont affirmé que le personnel serait suffisamment choqué pour ne travailler qu'à 60 % de ses possibilités (en dehors du temps passé s'il subit des dommages corporels). Le sentiment d'insécurité par rapport au site peut être à l'origine de dégradations des conditions de travail et de l'entente entre les employés... des informations à ce sujet devront être insérées dans les fiches ou le guide.

#### 9.2.4.5 Temps nécessaire à la mise en place de l'autodiagnostic

En ce qui concerne le temps nécessaire à la réalisation de l'autodiagnostic, il semble que la taille de l'entreprise soit un facteur déterminant. Il faudra compter environ 3 heures pour un petit commerce (1 ou 2 employés) et une journée et demie pour une entreprise plus complexe désireuse de mettre en place un plan d'urgence détaillé et un plan d'actions précis.

Ainsi, cette première série d'expérimentation nous a permis de conforter l'idée de la construction d'un pré diagnostic. Un tel outil permettrait d'orienter les entreprises vers un diagnostic ou un autodiagnostic. Ce tri renverrait les entreprises plus rapidement sur les points importants de leur vulnérabilité.

Le problème reste posé au sujet du temps nécessaire pour mener à bien l'autodiagnostic. Certaines des entreprises jugent qu'elles n'ont pas le temps nécessaire à une telle opération, d'autres comprennent que même si le temps manque, il faut le faire.

#### 9.2.4.6 Autodiagnostic ou diagnostic ?

C'est un des principaux enseignements de ces expérimentations, les dirigeants sont-ils prêts à faire ce travail seul ? Seul trois dirigeants ont affirmé qu'ils étaient suffisamment motivés pour réaliser cet autodiagnostic. Trois autres sont persuadés qu'aucun chef d'entreprise n'aura la motivation nécessaire à un tel travail. Les autres présentent des réactions plus floues.

## 9.3 Conclusion et perspectives

La recherche sur les critères de vulnérabilité nous a permis d'en identifier deux catégories : les critères à dimension matérielle et fonctionnelle et ceux ayant une dimension plutôt organisationnelle. Les critères fortement influencés par l'intensité de l'aléa sont les critères matériels et fonctionnels contrairement aux critères organisationnels. En effet, les critères à dimension organisationnelle expriment une vulnérabilité moins dépendante des caractéristiques

de l'aléa. Cependant, à partir d'un certain niveau de perturbations, certaines conséquences liées à l'organisation de l'entreprise apparaissent. On peut en tirer les observations suivantes :

- ▷ 1<sup>er</sup> niveau de conséquences : dommages matériel + arrêt d'activité lié à la durée de submersion.
- ▷ 2<sup>e</sup> niveau de conséquences : arrêt d'activité engendré par le nettoyage des locaux et la remise en état. Ce niveau dépend de l'ampleur des dommages matériels.
- ▷ 3<sup>e</sup> niveau de conséquences : aggravation de la durée d'arrêt d'activité et/ou nouvelle perturbation de l'activité due à des facteurs organisationnels et humains propres à l'organisation de l'entreprise (une « vulnérabilité intrinsèque ») qui ne dépend pas d'un aléa particulier. Ce sont les dommages indirects et les effets induits.

Une des priorités pour la suite sera d'enrichir la base de mesures, actions et recommandations. Pour ce faire, dans un premier temps il s'agira d'enrichir les mesures existantes en précisant leur coût, les fournisseurs potentiels et leur efficacité. Dans un second temps, il serait intéressant d'étudier les possibilités de mise en place d'un partenariat avec des experts afin de recenser toutes les mesures techniques envisageables pour mettre en protection une entreprise située en zone inondable. Ce partenariat permettra de bénéficier de l'avis de professionnels de la sécurité sur ce sujet. Cette démarche pourrait faire émerger des mesures issues d'autres domaines potentiellement applicables à notre problématique.

Ensuite, il s'agira d'effectuer la seconde série d'expérimentations. Cette seconde expérimentation sera conduite de manière différente de la première sur un groupe d'entreprises (différentes des premiers groupes) soit d'un secteur donné, soit de secteurs variés. Dans un premier temps, il est prévu de rencontrer les chefs d'entreprise (en groupe ou individuellement selon les possibilités) pour faire une présentation rapide de la méthode et expliquer les scénarii retenus. Dans un second temps, ils devront réaliser l'autodiagnostic seul et répondre à un questionnaire d'évaluation fourni avec le document d'autodiagnostic.

L'objectif est de récupérer les résultats de l'autodiagnostic ainsi que le questionnaire d'évaluation afin d'apprécier plus précisément l'accueil de ce type d'approche dans le monde de la petite et moyenne entreprise et ainsi de préciser définitivement la méthode et ses différents fascicules.

Puis, il sera nécessaire de dresser un bilan de la seconde série d'expérimentations. Ce bilan pourra conduire à des modifications et corrections du contenu de la méthode. Il permettra de valider finalement l'outil afin que sa mise en forme soit réalisée.

Enfin, cette étude se terminera par la mise en forme finale d'une maquette des livrets. Cette tâche permettra de réaliser les différents livrets, fiches, guide et catalogue de mesures de la méthode d'autodiagnostic au format papier.

## 9.4 Vers la validation de l'outil par son appropriation par les dirigeants d'entreprises

Le nouveau programme de recherche établi entre l'Équipe Plan Loire Grandeur Nature et le Pôle Cindyniques de l'École des Mines de Paris aura pour objectif de chercher les moyens nécessaires à une bonne appropriation de l'instrument de réduction des vulnérabilités par les PME-PMI.

Lors des expérimentations certains des chefs d'entreprises ont fait remarquer que cet outil serait beaucoup plus convivial s'il prenait la forme d'un logiciel. Cette idée a aujourd'hui mûri et une version logicielle sera produite dans le courant de l'année 2005. Le support logiciel permettra d'automatiser certains bilans et certains résultats afin d'optimiser le temps passé sur l'autodiagnostic. Cet outil permettra également d'insérer des illustrations supplémentaires et de construire une interface conviviale. Plus récemment, il a été décidé de développer ce logiciel sur une interface web afin de capitaliser les résultats de chaque diagnostic à l'intérieur d'une base de données et de construire un véritable retour d'expérience sur toutes les opérations menées avec cet outil. De nouvelles expérimentations permettront de consolider les méthodes de diagnostic (grandes entreprises) et d'autodiagnostic (PME-PMI). Cette nouvelle étude sera également l'occasion de s'interroger sur la conception d'un pré diagnostic destiné à orienter les entrepreneurs sur le diagnostic ou l'autodiagnostic. Plus globalement, cette étude sera consacrée à la recherche et à l'identification des acteurs capables de participer au déploiement de ces outils de réduction de la vulnérabilité des activités économiques aux inondations. Qui sont les promoteurs potentiels ? Qui sont les prescripteurs potentiels ? Y'a-t-il d'autres utilisateurs potentiels ?

Le modèle de vulnérabilité qui a été conçu dans le cadre de ce travail permet de développer des applications prenant en compte d'autres aléas naturels. Le paragraphe suivant aborde cette perspective.

## 9.5 Vers la conception d'une méthode de gestion de la vulnérabilité d'un territoire aux aléas naturels

Ce nouvel axe de perspectives correspond au développement d'un outil permettant l'identification et la réduction de la vulnérabilité de tous les enjeux qui composent un territoire vulnérable aux aléas naturels. Cet outil fournirait une cartographie qui aurait pour objectif final de décrire la vulnérabilité des enjeux qui composent le territoire. Ces évaluations permettraient de faire état de la vulnérabilité du territoire. D'Ercole et Metzger (2004) de l'Institut de Recherche pour le Développement étudient depuis plusieurs années la vulnérabilité territoriale de la ville de Quito en Équateur. Cette recherche est fondée dans un premier temps sur l'analyse de la vulnérabilité spatiale d'un territoire qui est caractérisée par l'accessibilité et l'exposition de cet espace

aux aléas. Ces deux dimensions peuvent être complétées par d'autres critères comme le contrôle politico-administratif de ces espaces. La combinaison cartographique de ces critères met en évidence différentes faiblesses *a priori* des espaces. L'idée novatrice de leurs travaux réside dans la suite de l'analyse. En effet, cette vulnérabilité spatiale qui est identifiée à ce stade de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité ne permet pas de voir si cette forme de vulnérabilité est susceptible de se transmettre au territoire. La phase suivante consiste donc à évaluer les enjeux majeurs qui composent ce territoire et qui le font fonctionner. La détermination et l'analyse des enjeux majeurs du territoire sont des informations qui permettent une lecture de l'organisation territoriale d'un espace urbanisé (ceci pourrait être assimilé au schéma fonctionnel de nos entreprises). Les études de vulnérabilité de ces enjeux sont des connaissances indispensables pour apprécier la vulnérabilité territoriale. Schématiquement, ce travail permet de mettre en lumière les dépendances des différentes fonctions du territoire assumées par de nombreux enjeux. Par conséquent en cas de crise, cette représentation assure une lecture claire des processus de transmission de la vulnérabilité sur un territoire. Dès lors, il est possible de comprendre pourquoi certains espaces qui ne sont pas exposés à des aléas particuliers peuvent être également vulnérables. Par exemple, une entreprise, située dans un espace très faiblement exposé aux aléas, est toujours dépendante de son accessibilité ou de certaines utilités (électricité ou eau potable). Ainsi, si les accès à l'entreprise sont interrompus ou si la fourniture en énergie l'est également en raison d'un aléa quelconque, les conséquences pour l'entreprise peuvent être importantes et pourtant, celle-ci n'est pas directement exposée.

Pour revenir sur les aspects méthodologiques d'une telle approche, on peut imaginer que l'identification des espaces stratégiques d'un territoire pourrait être assimilée à la description fonctionnelle des entreprises qui permet d'identifier les points névralgiques de l'entreprise. L'approche méthodologique développé par D'Ercole et Metzger se rapproche de la notre dès lors que l'on considère l'objet d'étude (territoire ou entreprise) comme un système.

Les recherches développées au travers de la vulnérabilité territoriale offrent des possibilités concrètes de réduction des risques dans la mesure où les connaissances produites sur ce type de vulnérabilité permettent de mettre en place une véritable stratégie de mitigation de l'aléa et des vulnérabilités du territoire. Que veut-on protéger ? Quelles sont les conséquences que l'on veut éviter ? Ces méthodologies nouvelles proposent un renversement du problème, il ne s'agit plus de réduire le risque sur tout le territoire mais de « mitiger », après avoir analysé le fonctionnement du système, les effets d'un aléa sur un enjeu susceptible de transmettre des perturbations à d'autres enjeux et par conséquent au territoire. À titre d'exemple, une crue de la Seine de type 1910 aurait des répercussions nationales en terme de trans-

mission de vulnérabilité puisque Paris assume des fonctions politico-administratives qui s'appliquent au territoire national.

Ces connaissances permettraient de développer une politique de gestion préventive des enjeux vulnérables. Une politique capable de répondre aux attentes des enjeux du territoire par des actions prioritaires de réduction adaptées puisqu'on sait ce qu'il faut protéger. Ces priorités seraient fondées sur des prises de décisions justifiées par l'analyse de tous les moyens fournis par un tel instrument d'analyse. Ainsi, ces actions sont susceptibles d'influencer les stratégies d'améliorations de l'aménagement du territoire dans un souci de développement durable. C'est en cela qu'un tel instrument devient un véritable outil d'aide à la décision. La gestion de la sécurité des biens et des personnes ne peut se faire sans prendre en compte les menaces représentées par les aléas naturels. Pour conclure sur la vulnérabilité territoriale, ce type de méthodologie permet de s'interroger sur les mécanismes de transmission de la vulnérabilité des lieux aux enjeux et des enjeux au territoire. Ces mécanismes sont une piste de recherche intéressante et nécessaire pour optimiser les connaissances produites afin de réduire la vulnérabilité des sociétés.

Le développement d'une méthode d'analyse de la vulnérabilité des entreprises à de multiples aléas naturels correspondrait plus globalement à un regard sur les atteintes externes potentiellement dommageables pour l'entreprise. À plus long terme, il serait intéressant de rechercher les relations entre tous ces aléas pour concevoir un outil capable de fournir une aide à la gestion et à la réduction de ces risques pris par les entreprises.

## 9.6 Bibliographie

- D'ERCOLE R. (1994) — Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse — in : Croissance urbaine et risques naturels dans les montagnes des pays en développement, *Revue de Géographie Alpine*. N°4 Tome LXXXII. Pp. 87-96.
- D'ERCOLE R. & METZGER P. (2004) — *Vulnerabilidad del distrito Metropolitano de Quito* — Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador, 496 p.
- DEVAUX-ROS C. (2002) — Réduction de la vulnérabilité des entreprises au risque d'inondation — In : *Actes du colloque « Entretiens de la prévention »*, CNPP, Paris, 9 et 10 décembre.
- Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature (2000) — *Étude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne. Atlas des enjeux socio-économiques exposés au risque d'inondation en Loire moyenne* — 240 p.
- GREPME (1997) — *Les PME bilan et perspectives* — 2<sup>e</sup> édition, Economica. Coll. Connaissance de la Gestion, Canada, 364 p.

- KEURINCK P. Équipe Plan Loire (2001) — *Les inondations en Bretagne entre 1995 et 2001 : retour d'expérience sur la vulnérabilité des artisans, commerçants et PME* — 2 volumes, vol. 1 45 p., vol. 2, 99 p.
- LEONE F. (1996) — *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain* — Thèse de doctorat, Université Joseph Fournier, Grenoble I, 274 p.
- MATE & METL (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement & Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement) (1999) — *Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation. Guide méthodologique* — Éditions La Documentation française, Paris, 124 p.
- HATEM F. ROUBELAT F. CAZES B. (1993) — *La prospective. Pratiques et méthodes* — coll. Gestion, Édition Economica, chapitre 8, pp. 251-264.
- TORTEROTOT J.-P. (1993) — *Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes* — Thèse de doctorat de l'ENPC, 283 p.



## 10 De toile et de tôle : vulnérabilité et protection des campings de montagne face aux inondations

Anne PELTIER

Département de géographie Université de Toulouse-le Mirail  
5 allées Machado, 31058 Toulouse CEDEX 9

peltier@univ-tlse2.fr

**Résumé.** — Face aux crues torrentielles en montagne, les campings représentent un enjeu tout à fait particulier du fait de leur localisation fréquente dans des zones inondables et de la fragilité de leurs infrastructures. C'est pourquoi la législation en vigueur privilégie l'information des campeurs et leur évacuation en cas d'urgence. Dans la pratique, si l'affichage du risque est globalement quoique inégalement effectué, des zones d'ombre subsistent quant à l'organisation de l'alerte : tous les campings ne sont pas équipés de dispositifs d'alerte aux crues, et les exploitants se plaignent de la multiplication des alertes météorologiques inutiles. Les entretiens menés avec les exploitants démontrent par ailleurs qu'ils n'ont pas toujours conscience du risque et qu'ils craignent l'impact de l'information sur les touristes. L'application de la loi tient donc plus à la contrainte liée à la surveillance des services de l'État qu'à la conviction des exploitants.

**Mots-clés.** — inondation, camping, montagne, Hautes-Pyrénées, législation, perception.

**Title.** — *Floods in mountainous areas : vulnerability and protection of camp sites*

**Abstract.** — Camping sites are risk-sensitive facilities as far as torrential floods in mountainous areas are concerned. They are indeed frequently located in hazardous places and their equipment is especially fragile. Existing legislation privileges consequently camper's information in case of emergency. In practice, if most (but not all) operators really inform their customers, the organisation of alert is still to be improved : some camp sites do not have a flood-alarm system and many operators complain about frequent and unnecessary meteorological alerts. The interviewed operators are not always aware of the risk and are afraid of the impact of information on tourist activity. It brings out that the enforcement of the law more relies on the constraint of State than on the conviction of the operators.

**Key-words.** — flood, camp site, mountain, Hautes-Pyrénées, legislation, perception.

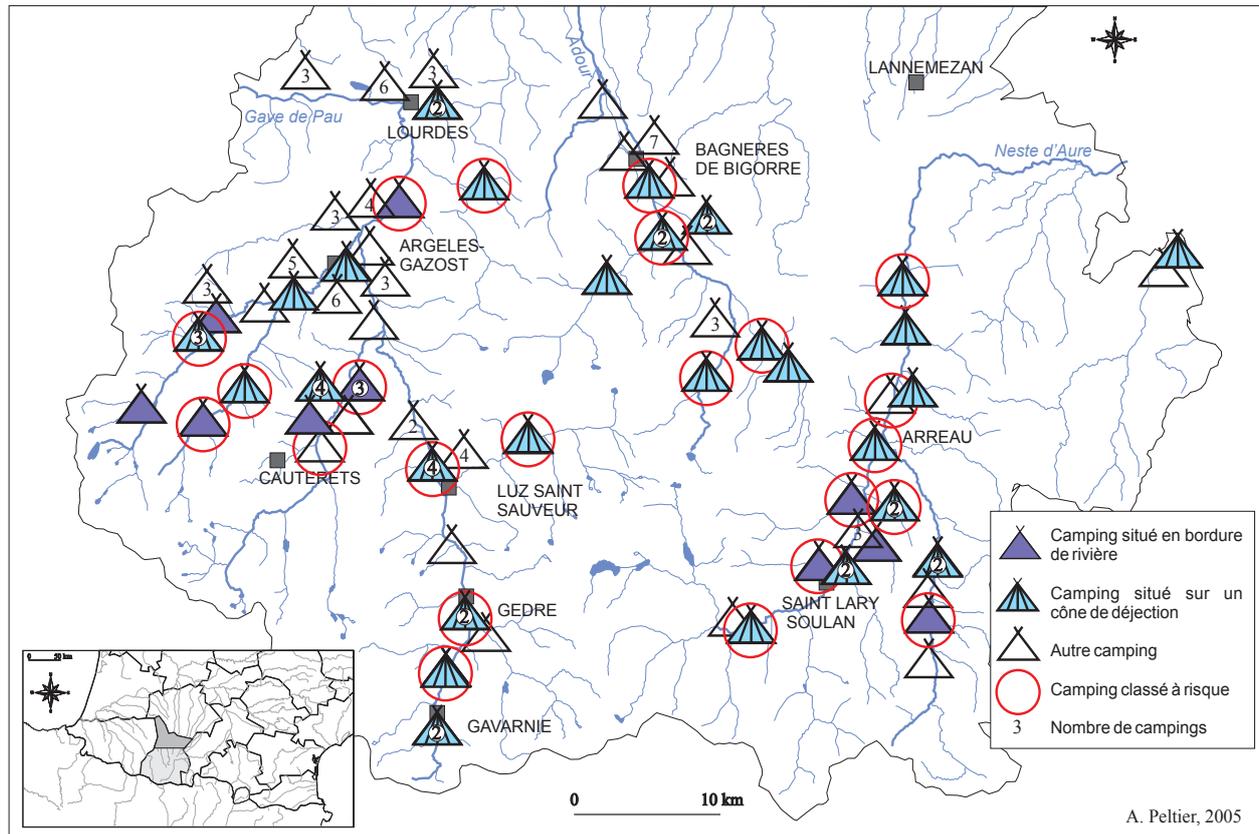
La catastrophe du Grand Bornand, responsable de la mort de 23 campeurs en juillet 1987, a attiré l'attention des pouvoirs publics sur la vulnérabilité des campings de montagne face aux crues torrentielles. Le législateur s'est alors interrogé sur la vulnérabilité de ces infrastructures. La réglementation édictée en 1990 et 1994 a pris le parti de la gestion de l'urgence, en privilégiant l'information des campeurs et l'évacuation en cas de montée des eaux. En 2001, 4 768 campings sont ainsi classés à risque en France, dont 60 % en raison d'un risque d'inondation ou de crue torrentielle. Plus de dix ans après la mise en place de cette législation, on peut s'interroger sur les modalités et les limites de son application, ce qui nécessite tout d'abord de préciser la nature des risques menaçant les campings ainsi que les contraintes imposées par la loi. La théorie sera ensuite confrontée à la pratique par le biais d'une analyse de terrain permettant de mettre en évidence l'application de la loi et ses freins éventuels.

Une enquête a été menée dans une partie des campings des Hautes-Pyrénées<sup>1</sup>, département à la fois particulièrement touristique (stations thermales, stations de ski, tourisme vert, tourisme religieux, etc.) et soumis à des risques d'inondation importants et variés. En montagne, la proximité d'un cours d'eau est un facteur d'implantation pour les campings (figure 10.1 p. 98). En effet, les rives des cours d'eau sont souvent les seules zones qui restent libres de constructions. D'autre part, du fait de l'humidité et du risque, ce sont des terrains peu coûteux. Enfin la présence d'un ruisseau représente un agrément pour des touristes en mal de nature : nombre de campings portent d'ailleurs le nom du ruisseau au bord duquel ils sont installés, signe que le cours d'eau représente une valeur ajoutée. Conséquence de ce qui précède, en 2001, 46 campings sont classés à risque parmi les 165 que comptent les Hautes-Pyrénées, dont quatre cinquièmes des classements suite à un risque d'inondation ou de crue torrentielle (MEDD, 2001).

### 10.1 Un risque spécifique

Le risque menaçant les campings soumis aux inondations est tout à fait particulier. La nature de l'aléa y joue un rôle

<sup>1</sup> La présente contribution propose des résultats provisoires issus de l'étude d'une partie des campings classés à risque.



Sources : cartes topographiques IGN au 1/25 000 ; préfecture des Hautes-Pyrénées.

Attention : la carte ne représente que la proximité avec un cours d'eau, évaluée à partir de cartes topographiques. Elle ne signifie donc pas obligatoirement que le camping est directement menacé par un aléa.

Fig. 10.1 La proximité des cours d'eau, facteur d'implantation des campings (région montagneuse des Hautes-Pyrénées)

important, mais ce sont les enjeux menacés qui en font toute la spécificité.

### 10.1.1 Les aléas

L'inondation menaçant un camping, en montagne, peut prendre essentiellement deux formes : la crue inondante des rivières et la crue torrentielle des torrents et de certaines rivières très en amont des bassins-versants.

Les crues torrentielles affectent les torrents et certaines rivières à forte pente et à petits bassins-versants. Le débit solide est important, la montée des eaux rapide et le cours d'eau a une forte capacité érosive. Si la charge solide est particulièrement forte, l'écoulement se fait sous la forme d'une lave torrentielle. Outre les berges des rivières, les cônes de déjection sont particulièrement menacés par les crues et les laves torrentielles, avec une intensité variable en fonction de la situation des enjeux par rapport au torrent et à l'apex du cône (ANTOINE, DESAILLY, 2001). La gestion d'urgence dans le cadre de ce type d'aléa est particulièrement difficile : la prévision est à l'heure actuelle impossible dans la mesure où la crue d'un torrent peut résulter d'un phénomène orageux extrêmement localisé ; d'autre part le délai d'alerte est dangereusement court compte tenu de la concentration très

rapide des eaux dans ces petits bassins-versants.

Plus en aval et sur les rivières principales, les crues inondantes se caractérisent par une montée des eaux plus lente, une charge solide moins importante et une capacité de submersion plus importante. En montagne, ces crues conservent une composante torrentielle marquée par des vitesses assez importantes et une capacité érosive non négligeable. Les campings menacés sont donc ceux qui sont implantés dans le lit majeur des rivières. Malgré la montée rapide des eaux, il est possible de mettre en place un système d'alerte pourvu qu'il permette une réaction rapide. La crue de la Neste d'Aure les 4 et 5 juillet 2001 a donné un exemple des risques liés à ce type de crue : le camping de Sarrancolin a été submergé pendant quelques heures par une crue violente<sup>1</sup> survenue après des pluies orageuses tombées sur l'amont du bassin-versant (195 mm en 24 h à l'Hospice de Rioumajou, l'essentiel en une douzaine d'heures) (GAZELLE, 2001).

<sup>1</sup> Le temps de retour de la crue varie de 30 à 80 ans selon les cours d'eau concernés (GAZELLE, 2001).

### 10.1.2 La vulnérabilité

La spécificité des risques menaçant les campings de montagne tient avant tout à la nature des enjeux menacés, avec une surreprésentation des enjeux humains par rapport aux enjeux économiques. Cette prépondérance des enjeux humains tient d'abord à la très grande fragilité des infrastructures. Celle des tentes est évidente, mais les caravanes et autres camping-cars ne valent guère mieux. Légère, la caravane flotte dans une faible quantité d'eau et est rapidement emportée par le courant. Par ailleurs, ses parois ne sont pas très rigides et sont facilement enfoncées par les matériaux charriés par la crue. Inconscients de cette fragilité, les campeurs ont tendance à se réfugier dans ces véhicules en se croyant à l'abri. Ils y sont presque aussi vulnérables que sous les tentes, qui au moins ne présentent pas d'ambiguïté quant à leur solidité. La légèreté des véhicules peut par ailleurs jouer un rôle aggravant sur l'aléa, en favorisant la formation d'embâcles.

La vulnérabilité des personnes est accentuée par le renouvellement constant du public : les occupants du terrain n'ont aucune connaissance du risque a priori et n'ont aucun des repères (durée ou intensité des précipitations, niveau d'eau, bruit du torrent, changement de couleur de l'eau) qui éveillent, ailleurs, leur vigilance.

Deux catastrophes récentes, survenues hors de notre terrain d'étude, ont démontré la grande vulnérabilité des campeurs. Le 14 juillet 1987, au Grand-Bornand, en Haute-Savoie, deux orages violents provoquent la crue des torrents du Chinaillon et du Borne. Un embâcle se forme sur le Borne, au niveau du pont surplombant le camping. Le torrent sort de son lit et ravage le camping situé dans son lit majeur. On compte 23 victimes (COMBY, 1991 ; BESSON, 1996). Le 7 août 1996, à Biescas, en Aragon, un violent orage provoque des abats d'eau très importants (200 mm en trois heures). Un embâcle se forme sur le rio Ara, sa rupture dévaste un grand terrain de camping situé en aval. Des milliers de mètres cubes de boue emportent voitures et caravanes sur plusieurs kilomètres, faisant 87 morts et 200 blessés graves.

Eu égard aux bilans très lourds énoncés ci-dessus, les enjeux matériels et plus largement économiques restent très modestes. Les biens menacés (voitures, tentes, camping-cars, caravanes ou bâtiments type sanitaires) ont une valeur économique relativement faible. Cette structure très particulière des enjeux justifie que les campings ne soient que faiblement protégés contre les crues. Elle explique que le législateur privilégie la gestion de l'urgence au détriment d'une protection dont le coût démesuré constituerait un frein excessif à l'exploitation.

## 10.2 Le cadre législatif : réduire la vulnérabilité par l'organisation de l'urgence

En matière de gestion des risques, la politique française depuis plus de vingt ans passe par la réglementation de l'oc-

cupation du sol. Il s'agit d'empêcher la construction dans les zones à risque. Pour ce qui est des campings, interdire l'exploitation dans les zones à risque reviendrait à fermer un grand nombre de structures, dans des zones où bien souvent le tourisme représente un outil majeur de développement économique. Face à ce dilemme et compte tenu de la nature spécifique des enjeux, le législateur a fait le choix du pragmatisme en décidant de favoriser la gestion de crise au détriment de la sécurité des biens. Le cadre législatif a été mis en place en deux étapes suivant la même logique<sup>1</sup>.

### 10.2.1 Le décret du 11 octobre 1990

Le premier jalon a été posé avec le décret 90-918 du 11 octobre 1990 relatif au droit à l'information sur les risques majeurs<sup>2</sup>. Il y est précisé que l'affichage du risque, sous la responsabilité du maire, peut être imposé dans les campings dont la capacité excède cinquante campeurs sous tente, soit quinze tentes ou caravanes à la fois, à raison d'une affiche par tranche de 5 000 m<sup>2</sup> de terrain.

### 10.2.2 Le décret du 13 juillet 1994

L'essentiel de la réglementation est précisé dans le décret 94-614 du 13 juillet 1994, relatif aux prescriptions permettant d'assurer la sécurité des occupants des terrains de camping et de stationnement des caravanes soumis à un risque naturel ou technologique prévisible. Le préfet est chargé d'identifier les campings à risque. D'après l'exégèse du texte réalisée par la DIREN Midi-Pyrénées (DIREN MIDI-PYRÉNÉES, 2001), un camping peut être considéré comme à risque s'il se trouve dans la zone des plus hautes eaux connues. Le classement du camping dépend du rapport entre le délai nécessaire à l'alerte (temps écoulé entre les précipitations et l'arrivée de la crue) et le délai d'évacuation des campeurs dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire de nuit, par pluie battante et sol détrempé. Pour chaque terrain classé à risque, l'autorité établit un cahier de prescriptions, qui précise les directives à suivre en matière d'information, d'alerte et d'évacuation.

L'information : chaque exploitant doit afficher les consignes de sécurité, selon un modèle préétabli. Un document sur les risques encourus et les consignes de sécurité doit être remis aux nouveaux arrivants. Le cahier des prescriptions doit être tenu à la disposition des campeurs.

L'alerte : le cahier de prescriptions fixe les conditions et les modalités de déclenchement de l'alerte par l'exploitant. Celui-ci doit notamment prévenir le préfet et le maire en cas d'alerte. Le cahier prévoit également les mesures à mettre en œuvre en cas d'alerte ou de menace imminente et peut prescrire des conditions spécifiques d'exploitation du terrain. Des dispositifs d'alerte doivent être installés sur le terrain et

<sup>1</sup> Les étapes intermédiaires de la mise en place de cette législation ainsi que l'encadrement précis sont rappelés dans DIREN MIDI-PYRÉNÉES, 2001 et 2002.

<sup>2</sup> Décret d'application de la loi du 22 juillet 1987 sur la sécurité civile, la protection de la forêt contre l'incendie et la prévention des risques majeurs.

correctement entretenus.

L'évacuation : les prescriptions déterminent les conditions dans lesquelles l'exploitant peut prendre un ordre d'évacuation ainsi que la manière dont il doit avertir les campeurs de cette évacuation. L'exploitant est tenu de mettre en place des cheminements balisés normalisés pour permettre le regroupement des occupants en lieu sûr.

Le cahier de prescriptions<sup>1</sup> est réalisé par les services de l'État après consultation de la Commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité (émanation de la préfecture regroupant différents services déconcentrés de l'État ainsi que les services chargés de la sécurité), de la commission départementale de l'action touristique, du préfet et de l'exploitant. En cas de non respect des prescriptions dans les délais impartis, le camping peut être fermé provisoirement ou définitivement. C'est également le cas si l'analyse du risque est défavorable, c'est-à-dire s'il apparaît que le délai d'évacuation est trop important par rapport à l'alerte. Un camping du Lavedan situé sur un cône de déjection a ainsi été fermé plusieurs mois, le temps que soient réalisés des travaux de protection permettant de le mettre en sécurité. L'encadrement législatif des campings à risque est donc assez complet, l'État assumant de façon particulièrement claire le fait de privilégier l'alerte et l'évacuation plutôt qu'une protection trop coûteuse. Cependant, il ne suffit pas d'édicter des règles : les lois pèchent généralement moins par leur nombre que par leur manque d'application. Une étude de terrain peut permettre d'évaluer les modalités de réduction de la vulnérabilité.

### 10.3 La réduction du risque d'inondation dans les campings des Hautes-Pyrénées

L'enquête de terrain devait permettre de répondre à deux questions : quelles sont les modes de réduction du risque effectivement mis en œuvre sur le terrain ? Quelle est l'attitude des exploitants face au risque et face aux contraintes qui leur sont imposées ? La méthodologie adoptée a été la plus souple possible, de façon à permettre une prise de contact en douceur avec les exploitants. La démarche a donc été de visiter les campings, afin d'évaluer si l'affichage est ou non réalisé, puis lorsque c'était possible d'engager une discussion informelle avec l'exploitant, en prenant soin de mener cette discussion sans témoin afin de ne pas placer l'exploitant en position délicate devant ses clients.

#### 10.3.1 Protection et délocalisation

Parmi les méthodes de réduction de la vulnérabilité susceptibles d'être employées figure la délocalisation. Légères, les infrastructures des campings peuvent facilement être recons-

truites ailleurs, sur un site moins exposé. Cependant, cette méthode n'est que très rarement employée. À notre connaissance, elle n'a jamais été utilisée dans les Hautes-Pyrénées. Il faut dire que les zones sûres sont rares en montagne et qu'elles sont souvent déjà aménagées. D'autre part il est vraisemblable que les collectivités locales ne sont guère pressées de déplacer des campings qui leur apportent une fréquentation touristique importante et donc des revenus financiers. Plus usitées, les mesures de protection demeurent modestes. Les terrassements font partie des aménagements les plus répandus. Lorsque l'exploitant nivelle son terrain, il en profite pour rehausser les berges du cours d'eau et ainsi limiter le risque. Peu coûteuses, ces mesures sont facilement exécutées et on les rencontre dans d'assez nombreux campings. L'autre aménagement-type est l'enrochement, qui conforte les berges des rivières et des torrents contre l'érosion. Les digues ou les murs-digues, lorsqu'ils existent, sont de faible importance aussi bien en longueur qu'en épaisseur. Enfin, certains campings situés sur des cônes de déjection sont protégés comme l'ensemble du cône par des dispositifs du type barrage filtrant avec plage de dépôt. C'est le cas du cône de Vignec, en Vallée d'Aure, dont les torrents ont connu à de nombreuses reprises des crues dévastatrices (ANTOINE, 1995). De manière générale, les terrains sont cependant peu et mal protégés et certains ne le sont pas du tout.

#### 10.3.2 L'application contrastée de la législation

Les contraintes qui pèsent sur les exploitants de campings relèvent avant tout du décret de 1994. Cependant, les autorités locales ont la possibilité d'édicter des règles plus précises et le cas échéant plus sévères. Ainsi, la Direction régionale de l'environnement (DIREN) Midi-Pyrénées et la préfecture des Hautes-Pyrénées ont-elles des exigences particulières. Certains exploitants de campings classés à risques sont ainsi incités à habiter sur place. Par ailleurs, dans certains campings, une bande de terrain de 5 à 10 mètres au bord de l'eau est interdite aux caravanes voire également aux tentes. Formant un corpus considéré comme relativement contraignant, ces règles ne font pas l'unanimité parmi les exploitants.

##### 10.3.2.1 L'affichage du risque

La majorité des exploitants de campings à risque respectent les consignes d'affichage. Sur le fond, l'information fournie est assez homogène. Elle précise la nature du risque, les consignes à suivre en cas d'évacuation, et parfois les mesures prises pour limiter le risque. En revanche, la forme est assez hétérogène. Certains plans d'évacuation se contentent de représenter le cheminement d'évacuation ainsi que le point de ralliement sur un plan plus ou moins lisible, d'autres présentent un véritable zonage des risques avec les parcelles à évacuer en priorité. Le ton des affiches cherche à rassurer les campeurs que le risque d'inondation aurait pu effrayer. Il se veut chaleureux, voire protecteur : « *Nous avons pris toutes les mesures pour vous protéger : élévation des berges rive gauche, zone de désensablage rive droite, enrochements, dis-*

<sup>1</sup> Son contenu est précisé par l'arrêté du 6 février 1995 fixant le modèle du cahier de prescriptions de sécurité destiné aux gestionnaires de terrains de camping et de stationnement de caravanes soumis à un risque naturel ou technologique prévisible.

positif d'alerte des crues (sondes, radio, contrôle et sirènes). » Les exploitants qui affichent le risque respectent également l'obligation de fléchage des voies d'évacuation.

Cependant certains exploitants dont les campings sont classés à risque n'affichent pas le risque. La proportion est relativement faible, moins d'un quart des campings à risque visités, mais elle n'est pas nulle. Ces « oublis » concernent généralement des campings dans lesquels le risque est modéré. Les campings les plus menacés respectent quant à eux l'obligation, ce qui témoigne d'une pression assez marquée des services préfectoraux. En juillet 2002, la dernière visite de la commission de sécurité dans les campings à risque des Hautes-Pyrénées datait pourtant en moyenne de près de quatre ans. Selon la préfecture, la commission de sécurité cherche à visiter tous les campings à risque en trois ans. Un camping classé à risque peut donc rester trois années sans contrôle, et certains, dans le passé, le sont restés plus longtemps, ce qui explique peut-être certains « oublis » d'exploitants particulièrement étourdis.

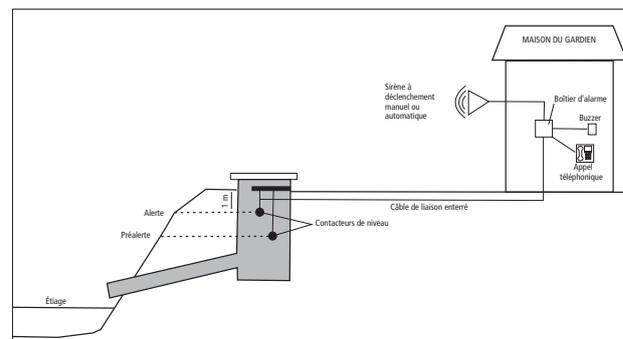
Un deuxième élément laisse supposer que le respect des consignes est lié à la pression de la préfecture plus qu'à une réelle conviction des exploitants : le document sur les consignes de sécurité destiné aux campeurs ne leur est, de l'aveu même des exploitants, jamais remis. Lors des entretiens, ce document ne nous a jamais été distribué spontanément en début de discussion. Surtout, les exploitants ont admis ne jamais le remettre aux campeurs. Le document est prêt au cas où passerait la commission de sécurité...

### 10.3.2.2 L'alerte

Elle prend deux formes : l'alerte météorologique, signalant qu'un phénomène dangereux est susceptible de se produire, et l'alerte hydrologique, indiquant la montée des eaux. L'alerte météorologique suit un parcours assez complexe. En cas de survenue possible d'un phénomène dangereux (précipitations intenses par exemple), Météo-France informe la préfecture, qui alerte les gendarmeries des zones menacées, qui informent les exploitants de campings, qui informent les campeurs. Le délai d'alerte est donc relativement long. La mise en place d'automates d'alerte est en projet dans le département (préfecture des Hautes-Pyrénées, comm. pers.). Le défaut de l'alerte météorologique tient surtout à son manque de crédibilité. Les exploitants sont unanimes pour se plaindre de la multiplication des fausses alertes. Tous donnent des exemples d'informations alarmistes transmises par la préfecture ou la gendarmerie et non suivies d'effets. Tous aussi évoquent tel orage, telle crue, qui n'avait pas été prévu. Le reproche général est que « *les services de l'État veulent ouvrir le parapluie* ». On discerne souvent une certaine animosité vis-à-vis de cette entité abstraite qu'est l'Administration, accusée de se cacher dans les bureaux et de ne pas connaître le terrain.

Quoi qu'il en soit, l'alerte météorologique, trop imprécise dans le domaine montagnard, est largement insuffisante pour assurer la sauvegarde des campeurs. C'est pourquoi elle se double, dans les Hautes-Pyrénées, d'une politique

volontariste en matière d'alerte hydrologique. L'alerte aux crues peut reposer sur le service d'annonce des crues géré par l'État. Mais en montagne les délais d'alerte sont beaucoup trop courts pour permettre l'évacuation des campeurs. Des systèmes d'alerte locale aux crues sont donc mis en place. Le système de flotteur à contact préconisé par la DIREN Midi-Pyrénées est simple : lorsque l'eau monte, le flotteur ouvre ou ferme un circuit électrique (figure 10.2), déclenchant ainsi une alerte à distance chez l'exploitant. Celui-ci se charge ensuite de répercuter l'alerte auprès des campeurs. Le système doit être indépendant des phénomènes liés à la crue : alimentation électrique autonome, câbles de transmission souterrains, boîtier du flotteur abrité des matériaux transportés par la crue, etc. La limite essentielle du système tient au fait qu'il ne peut être installé que sur une rivière torrentielle dont la vitesse de montée des eaux laisse un délai d'alerte suffisant, ce qui exclut d'office les torrents. Ce système est installé ou en cours d'installation dans certains campings des Hautes-Pyrénées et plus généralement de Midi-Pyrénées. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'en implanter un dans chaque camping : le boîtier installé sur les rives de la Neste d'Aure au camping de Bourisp sert ainsi d'alerte pour le camping d'Arreau et pour l'école maternelle de Vignec. Reste l'éternel problème lié à ce type d'approche : la machine étant faillible, elle ne remplace pas l'homme et les exploitants ne doivent pas se sentir exonérés d'une surveillance attentive du niveau de l'eau en période de crue.



Source : DIREN Midi-Pyrénées, 2002.

Fig. 10.2 Système d'alerte locale aux crues

### 10.3.2.3 L'évacuation

Dans la mesure où le renouvellement constant du public rend les exercices d'évacuation difficilement envisageables, la seule vérification possible de l'efficacité des mesures d'évacuation se produit lors de la crue. De ce point de vue, la crue de juillet 2001 dans le bassin de la Neste a constitué un test grandeur nature. Le 5 juillet, à 4 heures du matin, 43 personnes ont été évacuées au camping d'Aragnouet, puis 40 au camping du Rioumajou, enfin 10 caravanes à Sarrancolin (*La Nouvelle République des Pyrénées*, 5 juillet 2001). Malgré la crue, la nuit et la pluie, on n'a compté aucune victime. En l'absence d'autre événement du même ordre, on peut donc supposer que les mesures d'évacuation, telles qu'elles sont conçues, fonctionnent de façon assez satisfaisante. Pour

autant, ce succès ne doit pas faire oublier les facteurs de blocage à l'application de la législation, et notamment l'attitude ambiguë des exploitants face au risque.

## 10.4 Les exploitants face au risque

Le dialogue avec les exploitants montre qu'ils sont rarement convaincus par les mesures qu'ils sont chargés d'appliquer. L'inquiétude la mieux partagée est celle d'effrayer les touristes. Mais plus largement, le discours sur le risque est assez confus.

### 10.4.1 La crainte de l'impact de l'information

Beaucoup d'exploitants craignent d'effrayer les touristes. Ils hésitent donc à les informer et s'efforcent de cacher le risque (par exemple en ne distribuant pas les documents sur les consignes de sécurité) et/ou de minimiser son importance en rassurant les campeurs. C'est le sens des informations sécurisantes sur les mesures de protection affichées dans les campings. Tel exploitant dont le camping se trouve dans le lit majeur du Gave de Cauterets explique ainsi que lorsque des gens inquiets viennent s'informer « *on les rassure : ça n'arrive que lors de gros orages* ». d'autres avouent leur crainte d'un impact négatif de l'information : « *on a voulu empêcher les clients d'installer les caravanes au bord de l'eau. Mais je ne peux pas dire aux gens qu'ils peuvent mettre leur tente mais pas leur caravane, ça les ferait fuir.* » Plus surprenant, cette crainte s'étend également aux services de l'État : obtenir de la préfecture la liste des campings à risque n'a pas été simple, de crainte, explicitement, d'une contre-publicité pour les exploitants.

Pourtant, s'ils admettent que des clients viennent parfois leur demander des précisions, les exploitants qui affichent largement le risque affirment que cet affichage n'a pas d'impact négatif. Selon leurs estimations, seul un pourcentage très faible de campeurs repart après avoir vu les panneaux, de l'ordre de quelques personnes seulement par saison. De multiples critères interviennent dans le choix d'un lieu de villégiature. Les touristes tiennent compte de critères de confort, de localisation, de qualité des infrastructures, qui relèguent le risque au rang d'une donnée parmi d'autres... d'autant plus que dans certaines vallées la quasi-totalité des campings est classée à risque et que l'affluence estivale ne permet pas toujours de choisir (figure 10.1 p. 98).

### 10.4.2 Un discours équivoque sur le risque

La discussion avec les exploitants fait apparaître un discours assez ambigu, relevant de plusieurs types de mécanismes entre lesquels il n'est pas toujours facile de faire une distinction nette.

#### 10.4.2.1 La méconnaissance de l'aléa

De manière générale, l'aléa est mal connu et mal compris. Le discours des exploitants témoigne d'un certain nombre de confusions, dont la première tient à la surestimation du

rôle des forêts. Pour certains exploitants, un bassin-versant boisé est synonyme d'absence de risque. La forêt, si elle joue un rôle au demeurant encore mal compris dans l'hydrologie d'un bassin-versant, n'est pourtant pas un gage de sécurité absolue. La confusion passe également par la sous-estimation du danger représenté par le cours d'eau. La petite taille du bassin-versant, la faible largeur ou profondeur du cours d'eau, apparaissent comme des facteurs de sécurité. La brutalité potentielle du phénomène n'est pas toujours perçue. Or le propre de la crue grave est justement qu'elle dépasse les normes déduites de l'observation quotidienne. Le discours des exploitants fait également apparaître une méconnaissance des rythmes catastrophiques. Plusieurs s'appuient sur la tradition locale pour affirmer que le cours d'eau n'a jamais connu de crue grave : « *on est là depuis longtemps et il ne s'est jamais rien passé.* » Pourtant, l'absence d'activité récente n'est pas un critère suffisant d'évaluation du risque. En fait, et malgré une histoire chargée, les Hautes-Pyrénées n'ont pas connu d'événement majeur durant les dernières décennies, ce qui contribue à l'oubli du risque.

Il est très délicat d'évaluer dans quelle mesure cette méconnaissance de l'aléa résulte d'une réelle confusion sur les caractéristiques du phénomène et dans quelle mesure il s'agit plutôt pour les exploitants de se rassurer — comme ils rassurent leurs clients. Compte tenu de la nature des arguments avancés, on peut supposer que la connaissance de l'aléa est en partie le résultat d'une information scientifique mal comprise. En revanche d'autres arguments font apparaître une tentative de minimisation du risque qui ne peut pas relever uniquement de l'ignorance.

#### 10.4.2.2 La minimisation du risque

La plupart des exploitants interrogés tentent de minimiser le risque. Ils emploient pour cela des arguments laissant supposer que le risque est maîtrisé, ce qui suggère que leur perception du risque est partiellement biaisée par leur volonté de se rassurer.

L'illusion de maîtrise du risque passe d'abord par la réalisation de travaux. Les exploitants pensent que depuis qu'ils ont fait réaliser des terrassements ou des enrochements il n'y a plus de risque. Il est vrai que le rehaussement du terrain par des terrassements peut mettre le camping à l'abri de la submersion. Cependant les cas évoqués par les exploitants ne sont pas toujours aussi favorables ; la plupart du temps, les travaux, s'ils réduisent l'aléa, ne le suppriment pas. Variante de cette approche : les barrages EDF suppriment le risque en retenant l'eau.

Le recours à des événements récents, au lieu d'attirer l'attention des exploitants sur l'importance du risque, leur sert plutôt de contre-exemple. Ainsi, si la catastrophe du Grand Bornand, assez ancienne et éloignée, n'a jamais été citée, les Pyrénéens ont en revanche été marqués par celle de Biescas. Plusieurs exploitants y font référence... pour mettre en évidence sa spécificité et montrer qu'une catastrophe identique ne peut pas se produire dans leur camping. Ceux qui évoquent Biescas rappellent que le bassin-versant du rio

Ara est dénudé, qu'il est plus grand, expliquent que c'est un versant entier qui a glissé... En revanche, autour de leur terrain, les versants sont boisés, en tout cas végétalisés, les lacs d'altitude retiennent l'eau, etc.

#### 10.4.2.3 La maîtrise du risque

Une autre facette de la distorsion de l'image du risque passe par l'idée que l'exploitant, par sa connaissance du phénomène, peut le maîtriser. Plusieurs exploitants expliquent ainsi qu'ils savent, au bruit ou à l'allure du cours d'eau, quand la menace se rapproche. Ils disent avoir des repères (tel rocher, tel niveau en dessous du pont) qui leur permettent de savoir quand ils devront évacuer : « *on a nos repères, on connaît le bruit du Gave lors des crues* » ; « *on a un repère sur l'autre rive, un rocher. Quand il est submergé, il reste environ un mètre cinquante avant le débordement.* »

On assiste donc bien à des tentatives répétées de réduction de l'image du risque. Ce processus peut aller jusqu'à la négation pure et simple. Certains nient le classement du camping ainsi que le risque, parfois contre l'évidence. D'autres nient le classement mais au cours de la discussion reconnaissent l'existence du risque ou de mesures de mitigation, et admettent que l'administration leur impose des contraintes.

Contrairement à la méconnaissance du risque dont on peut supposer qu'elle est le résultat d'une réelle confusion, la minimisation du risque est en revanche très vraisemblablement le résultat d'une stratégie mentale destinée à exorciser la peur d'un accident. Cette distorsion entre la connaissance du risque et le comportement des individus relève d'un processus de dissonance cognitive, processus appliqué aux risques naturels par Philippe Schoeneich et Mary-Claude Busset-Henchoz à propos des avalanches dans les Alpes vaudoises (SCHOENEICH, BUSSET-HENCHOZ, 1998a et 1998b). Sur leur terrain d'étude, ils distinguent plusieurs stratégies pour réduire cette dissonance : la minimisation du risque, la justification du comportement, la minimisation de la dissonance (par l'humour, le fatalisme ou l'impression de maîtriser le risque). En l'état actuel de nos recherches, la réduction de la dissonance passe par la minimisation du risque ainsi que par le sentiment de maîtrise du risque. Des entretiens plus fouillés seraient cependant nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Concrètement, la minimisation du risque se traduit par une vision très critique des mesures imposées par l'État, des mesures presque toujours considérées comme des contraintes hors de proportion avec l'intensité du risque. Il serait nécessaire d'évaluer dans quelle mesure cette critique de l'État est également le signe d'une opposition centre-périphérie, soit à la fois ici ville-campagne et plaine-montagne. Utiliser la dissonance cognitive comme grille de lecture permet en tout cas d'expliquer pourquoi certains exploitants, qui pourtant affichent le risque, affirment que leur camping n'est pas menacé. Au-delà de cette remarque, il apparaît que l'obligation d'information n'est pas suffisante pour convaincre les exploitants, qui se persuadent que le risque est faible voire nul. On ne peut donc pas attendre que les exploitants réussissent

à sensibiliser les campeurs, leur discours tendant toujours, d'une façon ou d'une autre, à minimiser le risque.

La politique de réduction de la vulnérabilité par l'information et la gestion de crise ne fonctionne donc sur le terrain que grâce à une implication très volontariste des pouvoirs publics, et non grâce à la conviction des exploitants. Ce manque de conviction se traduit par une application contrastée de la loi : si l'affichage du risque est globalement quoique inégalement réalisé, de réelles difficultés restent encore à régler dans ce domaine. Surtout, on peut s'interroger, devant les réticences des exploitants, sur les conséquences d'une éventuelle démobilisation des pouvoirs publics. À l'heure actuelle, l'amélioration de la sécurité dans les campings passe par une alerte météorologique mieux conçue et plus efficace, permettant par exemple d'assurer une meilleure vigilance des exploitants dans les situations critiques. Il apparaît également nécessaire d'améliorer l'information des exploitants afin de les convaincre de la réalité du risque. En 1998, Philippe Schoeneich et Mary-Claude Busset-Henchoz s'interrogeaient sur l'opportunité d'informer à tout prix les populations vivant dans des zones dangereuses lorsqu'elles ont développé des stratégies mentales d'adaptation au risque et qu'une meilleure connaissance du risque ne leur apporterait qu'un inconfort supplémentaire sans amélioration de leur sécurité. Dans le cas des campings de montagne, la situation est différente : l'information des exploitants apparaît comme un point clef d'une meilleure compréhension du risque, permettant une meilleure transmission de cette information auprès des campeurs ainsi que l'acceptation de mesures contraignantes en termes d'affichage, d'alerte, voire de restrictions d'utilisation.

## 10.5 Références bibliographiques

- ANTOINE J.-M. (1995) — *Enquête de programmation des actions RTM dans les bassins d'Aure-Louron, Barousse et Nistos. Risques naturels et catastrophes dans les bassins des Nestes, du Nistos et de l'Ourse depuis le XVII<sup>e</sup> siècle* — Service de Restauration des Terrains en Montagne, Conseil Général des Hautes-Pyrénées, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Hautes-Pyrénées, 102 p., non publié.
- ANTOINE J.-M. & DESAILLY B. (2001) — Habitat, terroirs et cônes de déjection torrentiels dans les Pyrénées commingeoises — in BERTHE M., CURSENTE B. (éd.) — *Villages pyrénéens. Morphogenèse d'un habitat de montagne* — Université Toulouse-Le Mirail, Toulouse, pp. 27-44.
- BESSON L. (1996) — *Les risques naturels en montagne. Traitement — Prévention — Surveillance* — Artès-Publialp, Grenoble, 437 p.
- COMBY J. (1991) — Le Grand Bornand. Évaluation du caractère exceptionnel et imprévisible de la catastrophe — *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, n° 3, pp. 195-204.

- DECROP G. & CHARLIER C. (1998) — *De l'expertise scientifique au risque négocié. Le cas du risque en montagne* — Cemagref Éditions, 102 p.
- DIREN MIDI-PYRÉNÉES (2001) — *Campings en zone inondable. Principaux textes réglementaires* — Club Risques naturels Midi-Pyrénées, Journée thématique du 23 octobre 2001, [en ligne], disponible sur [www.midi-pyrenees. environnement.gouv.fr](http://www.midi-pyrenees.environnement.gouv.fr)
- DIREN MIDI-PYRÉNÉES (2002) — *Note régionale sur la sécurité des campings en zone inondable* — Club Risques Midi-Pyrénées, juin 2002, [en ligne], disponible sur [www.midi-pyrenees. environnement.gouv.fr](http://www.midi-pyrenees.environnement.gouv.fr)
- GAZELLE F. (2001) — *Crue de la Neste du 5 juillet 2001. Rapport technique et photographique* — DIREN Midi-Pyrénées, Service Hydrologie et prévention des risques naturels, np.
- MEDD, 2001, *Enquête nationale 2001 sur les campings aménagés*, [en ligne], disponible sur [www. environnement.gouv.fr](http://www.environnement.gouv.fr)
- SCHOENEICH P. & BUSSET-HENCHOZ M.-C. (1998a) — *Les Ormonans et les Leysenouds face aux risques naturels. Représentation des risques naturels et stratégies d'occupation du territoire dans la Vallée des Ormonts (Préalpes vaudoises)* — Rapport final PNR 31, vdf, Zürich, 230 p.
- SCHOENEICH P. & BUSSET-HENCHOZ M.-C. (1998b) — La dissonance cognitive : facteur explicatif de l'accoutumance au risque — *Revue de Géographie Alpine*, n° 2, pp. 53-62.

## Partie 4

# Scénarios et outils d'évaluation



# 11 Une méthodologie pour l'évaluation économique des risques et de l'efficacité des parades : EVARISK

Jean Pierre ASTÉ

GIPEA Consultants

**Résumé.** — L'évaluation préalable des pertes potentielles (risque encouru) qui pourraient résulter d'un événement ou enchaînement d'événements d'origine naturelle ou anthropique n'est quasiment jamais réalisée, et ce d'autant que, faute de certitude sur le mode et le délai de manifestation de l'événement, cette évaluation doit être faite pour une série de scénarios correspondant aux diverses hypothèses envisageables. Elle est pourtant un élément indispensable de la prise de décision en matière d'investissements en actions de prévention : ces actions ont un coût que l'on devrait chaque fois comparer à l'économie de pertes attendue.

On montre ici comment, à partir d'une régionalisation de l'aléa et d'une identification précise des éléments exposés, on peut établir un bilan éclairé des pertes pour chaque scénario. On applique ensuite une méthode couramment utilisée en Suisse de choix des solutions les plus efficaces.

**Mots-clés.** — économie, dommages, risques, inondation, coût/bénéfice.

**Title.** — *Methodology for risks economic assessment and protection efficiency evaluation*

**Abstract.** — The primary evaluation of potential losses (incurred risk), resulting from one or successive natural or anthropic events, is quite never realised. Indeed, for lack of certainty on the events modes and delays, these evaluations have to be established for series of scenarios corresponding to different conceivable hypotheses.

Yet it is a really important element to come to decision as regards to preventive actions investments : these actions have a cost that should be compared expected losses saving. The present note expose how to make a clear losses tool or balance for each scenario, using a regionalisation of hazard and a precise identification of the exposed elements. A methodology, commonly used in Switzerland, must be then applied in order to choose the most efficient solutions.

**Key-words.** — economy, losses, risks, floods, Cost/benefit.

## 11.1 Introduction

Si l'on établit, notamment au niveau des compagnies d'assurances et surtout de réassurances, des bilans relativement

fiables des pertes économiques enregistrées à la faveur de grands phénomènes dommageables d'origine naturelle ou anthropique, il est beaucoup plus rare de disposer d'un bilan prévisionnel pour un phénomène pressenti. Ce sont pourtant de tels bilans qui permettraient de quantifier économiquement le risque encouru et qui fourniraient des arguments pertinents pour les prises de décision.

Dans la quasi-totalité des cas ce risque n'est évalué que qualitativement sur la base de règles empiriques qui demeurent extrêmement floues et discutables. Elles s'appuient sur les concepts d'aléa et de vulnérabilité.

**Aléa**, comme son équivalent anglais de « hazard », est un mot moins significatif que celui de « menace » utilisé en Amérique latine. La menace ne relève que de l'imagination des gens et, quand on la traque, on aimerait en définir le contenu pour mieux l'identifier. Ainsi faudrait-il, par exemple, dans un contexte donné, préciser les caractéristiques du phénomène d'instabilité redouté, de l'inondation attendue ou de l'enchaînement d'événements ou de dysfonctionnements qui peuvent conduire d'une simple panne à une catastrophe industrielle. Mais cela nécessite de l'expérience et des moyens et l'on se contente le plus souvent, notamment pour l'élaboration des PPR, d'une évaluation de l'aléa qui reste très sommaire. On préconise dans certaines recommandations ministérielles de considérer d'une part ce que l'on appelle abusivement la probabilité d'occurrence de l'événement et d'autre part, l'intensité ou la magnitude de celui-ci. Sur une telle base, il est difficile d'échapper à une totale subjectivité, et corrélativement, il est impossible d'explicitier et plus encore de relativiser les niveaux d'aléa affichés.

Le terme de **vulnérabilité** est aussi source de confusion. À la base, il peut être compris comme le degré d'endommagement (pour des biens), de dysfonctionnement (pour des activités ou fonctions sociales) ou de préjudice (pour des personnes) subi par l'élément, sous l'effet de la manifestation locale du phénomène là où il se trouve. Là encore, faute de méthodes et de moyens, on traite souvent de l'importance de l'élément considéré ou de sa fonction plus que de sa véritable vulnérabilité.

Le **risque** encouru est naturellement fonction de la menace et de l'endommagement. Ce n'est pas le produit de l'aléa par la vulnérabilité ! Compte tenu du flou dénoncé plus haut dans l'appréciation de ses composantes, il ne faut pas s'attendre à beaucoup d'efficacité dans l'évaluation du risque. Tout au plus peut-on dire que le risque encouru est plus

grand si l'on considère un élément important situé dans une zone de menace élevée. Cela permet heureusement d'identifier les zones les plus dangereuses d'un territoire et d'orienter les développements possibles, mais c'est totalement insuffisant dans la conduite d'une situation de crise, dans l'aide à la prise d'une décision importante.

Il y a pourtant moyen de faire mieux, à des coûts et dans des délais acceptables, à condition de faire un effort d'acquisition et de validation de données élémentaires, de reformulation de règles très discutables et de redistribution de moyens financiers. On ne va s'intéresser, dans ce qui suit, qu'aux phénomènes naturels, mais les méthodes évoquées s'appliquent parfaitement aux risques technologiques.

## 11.2 Aléa : La caractérisation du phénomène et la régionalisation de ses effets

### 11.2.1 Des méthodes de caractérisation adaptées à la nature du phénomène

Les moyens disponibles pour identifier, localiser et caractériser l'aléa dépendent beaucoup de la nature du phénomène concerné. On distingue des facteurs de prédisposition (topographie, nature et épaisseur des formations superficielles, couvert végétal, éléments géologiques et structuraux...) et des facteurs d'aggravation ou de déclenchement : pluie, ruptures d'ouvrage pour les inondations, sollicitations anthropiques, eaux qui ruissellent ou qui s'infiltrent pour les mouvements de terrain. On peut retrouver cette distinction entre facteurs de prédisposition et facteurs déclenchants ou aggravants en matière de phénomènes volcaniques ou sismiques.

#### 11.2.1.1 Le cas des pentes instables

Ce sont des phénomènes complexes. On dispose de méthodes assez variées et qui devraient se compléter pour déceler les zones les plus instables. Mais il faut, pour cela, se référer à des événements déjà connus et dont les caractéristiques peuvent être fort différentes d'une zone géographique à une autre. Dans la plupart des cas, cependant, la pente, la nature et l'épaisseur des formations superficielles et le mode de ruissellement et d'infiltration de l'eau sont déterminants. Avec la vulgarisation des systèmes d'information géographique, on a été tenté de « croiser » la pente et la nature des formations géologiques pour déterminer l'aléa. Cela a conduit à beaucoup d'abus regrettables alors même qu'avec un peu plus de discernement et la mise en œuvre d'algorithmes plus pertinents que de simples croisements, on peut à partir de données régionalisées bien structurées, développer des outils puissants d'aide à la détermination des zones suspectes. La figure 11.1 p. 109 montre ce qui a été fait au Salvador avec le logiciel IRIS (Indice Régionalisé d'InStabilité) pour établir des cartes « dynamiques » d'aléa, prenant en compte l'influence des pluies et de la sismicité.

Il est même possible, sur des zones restreintes, ou le long d'itinéraires, par exemple, sous réserve d'avoir défini ré-

gionalement les conditions géotechniques et les conditions géométriques « aux limites », de lancer systématiquement, sur une grille de scrutation préétablie des calculs tridimensionnels plus complexes, avec les méthodes fondamentales de la mécanique des sols (3D.PENT de GIPEA).

#### 11.2.1.2 Le cas des ruptures et des propagation de masses rocheuses

Pour ces problèmes, on définit en général des zones de départ et des zones de propagation sur un versant. On n'évoquera pas ici le problème des zones départ pour la détermination desquelles des moyens spécifiques et performants sont en cours de développement (3D.BLOC). En ce qui concerne la propagation, il existe aujourd'hui des modèles tridimensionnels de calcul sur un versant décrit par un modèle numérique de terrain. Pour plusieurs centaines de milliers de simulations, et en fonction de conditions de départ définies par des méthodes déterministes (3D.BLOC) ou semi probabilistes, on calcule en chaque pixel la hauteur et la vitesse de toutes les trajectoires qui le survolent et on en prend les valeurs maximales. On calcule aussi les points d'arrêt. On tient compte également de la variation locale des coefficients de rebond en fonction de la nature et de l'occupation du sol. Toutes ces données sont exportées et l'on peut ainsi tracer des cartes de hauteur ou vitesse ou encore de nombre d'impacts (figure 11.2 p. 109). On peut relancer les mêmes calculs en modifiant la morphologie du terrain (à travers le modèle numérique de terrain) pour simuler la construction d'ouvrages d'interception. En relançant les mêmes trajectoires on juge facilement de l'efficacité de l'ouvrage (figure 11.3 p. 109).

#### 11.2.1.3 Le cas des inondations

Comme pour les phénomènes précédents, il est nécessaire pour la détermination de l'aléa « inondation » de conjuguer :

- pour la prise en compte des facteurs permanents de prédisposition, les démarches naturalistes d'appréciation de la morphologie des zones inondables et les démarches déterministes de modélisation des écoulements hydrauliques. Le recours aux « laisses » d'inondations constitue une aide très intéressante ;
- et, pour celle des facteurs aggravants ou déclenchants, une démarche probabiliste de prévisions de l'évolution des conditions météorologiques.

Pour une période de retour déterminée de ces conditions dangereuses, c'est-à-dire pour un débit donné, on modélise avec des systèmes plus ou moins complexes la répartition des hauteurs et des vitesses de l'eau ainsi que des durées de submersion. Mais, pour mettre en œuvre ces modèles, il faut, préalablement, analyser finement la morphologie et la répartition des principaux obstacles (digues, ponts, rétrécissements du lit) pour optimiser le positionnement des nœuds de calcul.

Sous réserve de beaucoup d'expérience et d'une nécessaire prudence, on peut ensuite interpoler les résultats obtenus en chaque nœud, et, si l'on dispose d'un modèle numérique de

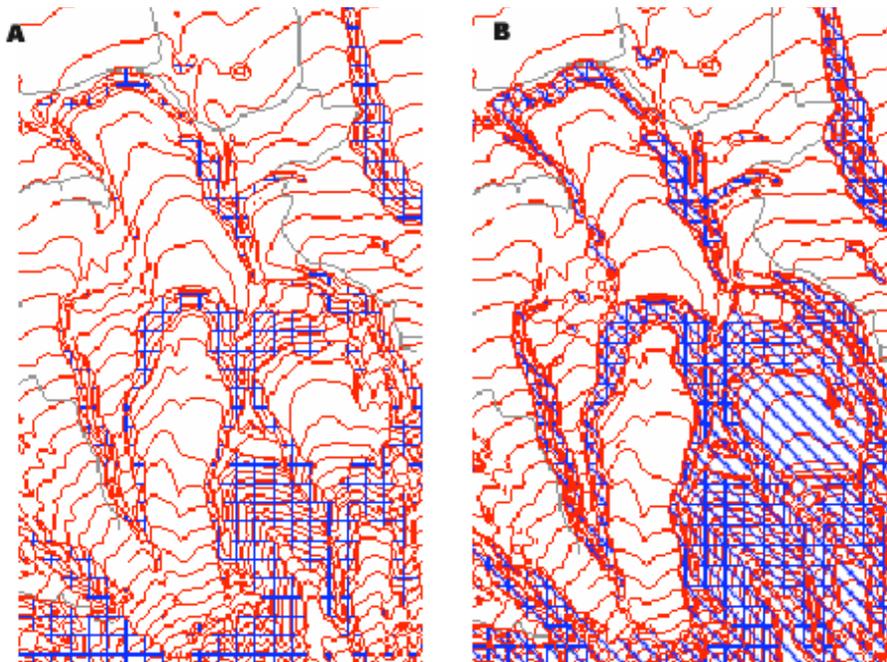


Fig. 11.1 Aléa en conditions de pluie intense (A) et en conditions de pluie intense et de séismes (B) (Salvador)

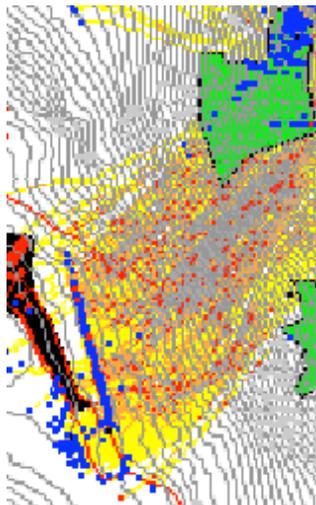


Fig. 11.2 Iso hauteurs de vol pour des blocs issus d'une falaise rocheuse

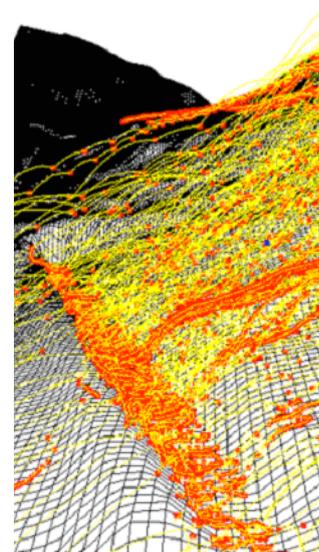


Fig. 11.3 Simulation de l'édification d'ouvrages dans la même zone

terrain avec une résolution suffisante, il est facile d'évaluer la hauteur d'eau au niveau de chaque pixel. La régionalisation des vitesses et des durées de submersion est un peu plus délicate, mais, il est toutefois possible, à condition de raisonner en classes plutôt qu'en valeurs absolues, d'affecter des valeurs à chaque pixel (tableau 11.1 p. 110).

Le logiciel EVINOND développé par GIPEA permet ces traitements. Il permet aussi de mettre en œuvre les principes de l'acceptabilité de l'inondabilité définis par le Cemagref.

### 11.2.2 L'utilisation des ressources de la géoréférenciation

On a voulu montrer, à travers les trois cas évoqués ci-dessus, que, moyennant certaines réserves, il était possible, sur des

territoires relativement importants, de caractériser régionalement les modes possibles de manifestation d'un phénomène naturel pressenti.

*C'est le cas des inondations qui sera utilisé pour illustrer les potentialités du logiciel EVARISK, car c'est dans ce cas que l'on décrit et régionalise le plus facilement les caractéristiques dommageables principales du phénomène : hauteur et durée de submersion, vitesse de l'eau.*

Il en est presque de même pour les phénomènes de propagation de masses rocheuses, puisque le modèle présenté permet de déterminer la hauteur et la vitesse de vol et les

Tableau 11.1 Exemple de règle d'évaluation de la magnitude de l'impact local d'une inondation

Valeurs proposés de  $I_G$ 

Hauteur	Durée		
	Quelques heures à 1 jour	1 à 7 jours	Plus de 7 jours
0 à 50 cm	1	2	3
50 cm à 3 m	3	4	5
Plus de 3 m	5	5	5

Pour tenir compte de la vitesse, on propose de majorer cet indice  $I_G$  de la façon suivante, en le transformant en  $I_{GV} = I_G + A$

Vitesse (m/s).	< 0,5	0,5 < V < 1	1 < V < 3
A	0	1	2

énergies d'impact en chaque point du territoire.

C'est plus difficile pour les mouvements de terrain puisque l'on caractérise plus leur potentiel de déclenchement que leur forme ou rythme de manifestation, comme par exemple l'amplitude des déformations ou propagations, au moins tant que l'on considère des territoires assez vastes. Mais les perspectives sont beaucoup plus intéressantes lorsque, notamment avec des techniques de surveillance (affaissements miniers par exemple), de traitement différentiel de modèles numériques de terrain sur des zones d'instabilité récurrente, et sur des territoires restreints, on définit un champ de déformations et on réunit des arguments pour établir un pronostic d'évolution à plus ou moins long terme.

### 11.2.3 Vers de nouvelles spécifications pour l'établissement de cartes d'aléas

On a voulu montrer ci-dessus qu'une utilisation raisonnée des outils et méthodes de la géomatique pouvait contribuer efficacement à la validation et à la structuration de la connaissance des facteurs de prédisposition à la manifestation d'un certain nombre de phénomènes naturels (aléas). On ne sous-estime nullement l'importance du travail de terrain de spécialistes. On prétend au contraire faciliter et optimiser leur travail par cette structuration préalable de la connaissance. On pourrait donc éliminer une partie du flou dénoncé ci-dessus dans les spécifications, en organisant l'agencement et la production des données de base nécessaires sur l'ensemble du territoire national. On pense en particulier à une meilleure vulgarisation et à une amélioration des modèles numériques de terrain, et à un programme moderne et bien structuré de mémorisation de données historiques.

## 11.3 La Vulnérabilité : identification et localisation des éléments exposés, de leur endommagement<sup>1</sup> prévisible et de leur valeur

### 11.3.1 L'identification et la localisation des éléments exposés

Une fois déterminée l'extension potentielle des zones de manifestation du phénomène redouté, il faut identifier, localiser et caractériser tous les éléments présents dans ces zones. Cela est d'autant plus difficile que les territoires touchés sont vastes, et qu'il faut s'efforcer de prendre en compte aussi bien les éléments directement affectés que ceux dont l'endommagement ou le dysfonctionnement résulteraient de la ruine des précédents. Il faut aussi considérer séparément les éléments existants et les développements envisagés dans l'équipement du territoire. On distingue généralement les biens, les activités et les personnes.

#### 11.3.1.1 Les typologies et leur résolution

Faute de moyens et de méthodes, on se contente trop souvent d'une identification trop sommaire de ces éléments. Ainsi par exemple, on utilise le niveau de définition du Plan d'Occupation des Sols (POS et PLU), avec une résolution mal adaptée à l'objectif poursuivi ici. Dans beaucoup de PPR, à défaut de la résolution souhaitable, on se contente d'identifier les éléments les plus importants (hôpitaux, écoles, centres de secours...) et de déclarer un « risque » qui est davantage fonction de cette importance relative que de la véritable vulnérabilité de l'élément considéré.

#### 11.3.1.2 Les sources d'information, des plans d'urbanisme et des photographies aériennes aux fichiers cadastraux et bases de données de la DGI et de l'INSEE

Pourtant, sous réserve de s'en donner les moyens, de nombreuses sources d'informations beaucoup plus précises existent, notamment avec les photographies aériennes et le cadastre. Celui-ci est établi à des fins purement fiscales et comporte deux parties : le parcellaire géographique et une importante base de données littérales.

Le parcellaire géographique est aujourd'hui géoréférencé dans la plupart des communes françaises. Il est donc facilement intégrable dans un processus de traitement de l'information territoriale. L'utilisation de la base de données littérale est plus délicate puisque d'une part elle est protégée par la loi « informatique et liberté » et que, d'autre part, sa structure est très complexe car elle a été conçue pour les besoins des services fiscaux.

Il serait naturellement souhaitable, compte tenu de l'intérêt qu'elle présente dans la gestion du territoire et de son développement, que cette base soit redéployée et complétée

<sup>1</sup> Endommagement pour les biens, dysfonctionnement pour les activités, préjudice pour les personnes.

pour que toutes les informations intéressantes et dont la divulgation ne porte pas atteinte à la propriété puissent être utilisées efficacement par les acteurs du développement. En attendant la réalisation de ce vœu pieu, il est heureusement possible, avec les autorisations nécessaires et moyennant un important travail de programmation, d'aller chercher dans la base de données littérales un certain nombre d'informations pertinentes et de les associer aux parcelles décrites géographiquement (figure 11.4 p. 111).

Liste d'informations sur les bâtiments touchés					
	Id_bat_2003	Nom	Num_rue	Adresse	Nbr_chambre
▶	58	Chalet Castor	24	Chemin du pe	4
	59	Chalet Castor	30	Chemin du pe	8
	60	Chalet Mousti	60	Chemin du pe	4
	61	Hotel la Gelin	100	Chemin du pe	32
	63	Chalet Caribo	229	Chemin du pe	4
	64	Chalet Grizzly	235	Chemin du pe	3
	65	Chalet Otari(T	257	Chemin du pe	4
	66	Chalet Blanch	263	Chemin du pe	5
	67	Chalet Elan(D	265	Chemin du pe	4
	68	Chalet Raton	267	Chemin du pe	11
	69	Chalet Coyott	298	Chemin du pe	6

Fig. 11.4 Édition d'informations pertinentes issues de la base de données de la DGI (Direction générale des Impôts) pour l'organisation de la prévention (EMMA, GIPEA)

On n'a pas jugé nécessaire d'insister, à-propos d'aléas, sur l'importance de l'utilisation de photographies aériennes en conditions stéréoscopiques. Le traitement orthophotographique de ces mêmes photographies se généralise sur l'ensemble du territoire. Il permet d'identifier et de localiser aisément, donc de vérifier, d'actualiser et de compléter l'information sur l'occupation et l'utilisation des sols, et en particulier sur la nature et la situation des éléments exposés. Il constitue également un excellent moyen de communication pour l'appropriation du risque par les sociétés concernées (figure 11.5 p. 111).

### 11.3.2 L'évaluation de leur vulnérabilité et de leur valeur

#### 11.3.2.1 Vulnérabilité structurelle, fonctionnelle et personnelle

Comme on l'a vu ci-dessus, l'appréciation de la vulnérabilité n'est pas facile si l'on ne traite pas chaque élément séparément et en fonction de la forme locale de manifestation de phénomènes dangereux. Si l'on dispose des éléments nécessaires pour ce traitement, le travail est long et fastidieux et il faut s'efforcer d'en automatiser la réalisation (tableau ?? p. ??).

On peut traiter séparément la vulnérabilité ou degré d'endommagement prévisible des structures, celle des activités aux fonctions sociales (degré de dysfonctionnement), et celle des personnes (niveau de préjudice subi). On doit, pour cela, s'efforcer de tirer les leçons d'événements vécus et établir, même si elles sont empiriques et pourvu qu'elles soient explicites, des relations entre les éléments descrip-



Fig. 11.5 Identification des bâtiments menacés par un couloir d'avalanche à partir d'une orthophoto

tifs de la manifestation locale de phénomènes et certaines caractéristiques de l'élément affecté. On propose enfin un degré ou pourcentage d'endommagement dépendant de  $V_s$  et de  $I_{GV}$  (tableau 11.3 p. 112).

#### 11.3.2.2 Éléments de valeur

C'est encore un sujet difficile, et, comme pour les précédents, on ne prétend pas apporter ici une solution miracle, mais le début d'une méthode.

En ce qui concerne les biens, on dispose de moyens d'évaluation dans les bases de données littérales de la DGI, sous réserve, naturellement de traiter l'information globalement, en contrôlant tout problèmes de confidentialité. On peut ainsi estimer, à partir de la valeur locative cumulée de l'ensemble des locaux d'une ou plusieurs parcelles, une valeur foncière globale. On peut le faire, de façon peut-être plus réaliste, en se référant aux superficies des locaux et aux valeurs foncières associées dans une commune donnée. L'essentiel est de se donner des moyens de réaliser automatiquement toutes ces opérations fastidieuses.

En ce qui concerne les activités et services, les bases de données de la DGI sont moins intéressantes. Il vaut mieux utiliser celles de l'INSEE qui permettent en principe<sup>1</sup> d'apprécier le type d'activité de chaque établissement, et de le

<sup>1</sup> En fait, les données de l'INSEE ne sont référencées géographiquement que par îlots et pas à la parcelle. De plus, l'INSEE ne fournit pas la référenciation géographique des îlots. Il faut donc développer un système particulier de repérage. Enfin, l'INSEE procède par échantillonnage, ce qui signifie que beaucoup d'établissements ne sont pas renseignés.

Tableau 11.2 Règles relatives à l'évaluation de la vulnérabilité structurelle

	Indice	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
<b>Année de construction</b>							
1950 à aujourd'hui	2			2	2	2	2
Avant 1950	4	4	4				
<b>Matériaux des gros murs</b>							
Pierre	2	2		2			
Béton	2						
Meulière	1		1				
Briques	1				1		
Aggloméré	1					1	
Bois	0						
Autre	0						0
<b>État d'entretien</b>							
Bon	1	1	1	1	1		
Assez bon	1						
Passable	0					0	
Médiocre	0						0
Mauvais	0			0			
<b>Somme des indices : S — 2</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Les valeurs possibles pour cette somme sont les valeurs entières de 0 à 5. La vulnérabilité des locaux concernés est inversement proportionnelle à ces valeurs. On propose de l'exprimer en valeurs relatives par :							
$V_s$		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vulnérabilité		très faible	faible	moyenne	forte	très forte	totale

Tableau 11.3 Taux d'endommagement retenus

$I_{gv}$ de la parcelle	$V_s$					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	20	25	30	35	40	45
2	40	45	50	55	60	70
3	60	65	70	75	80	85
4	80	85	90	95	100	100
5	100	100	100	100	100	100

positionner dans des classes de production et d'emploi. Enfin l'estimation économique des préjudices corporels pose de nombreuses questions. On propose de se référer à des données fournies par les compagnies d'assurances.

## 11.4 Le logiciel EVARISK

Le logiciel EVARISK a été conçu et développé par GIPEA pour faciliter l'accomplissement des diverses tâches évoquées ci-dessus. Il est interfaçable avec les autres modules de la

gamme GIPEA (3D.PENT, 3D.BLOC, EVINOND...) déjà cités. Mais il est également et surtout compatible avec les divers formats des systèmes d'information géographique commerciaux classiques.

### 11.4.1 Les données d'entrée

Pour lancer le système, on prépare un fichier X, Y, hauteur, vitesse, durée sur l'ensemble du territoire concerné, avec les logiciels cités précédemment où leurs équivalents et sous quelque forme de SIG que ce soit. On charge ensuite le fichier des parcelles cadastrales et la base de données associée au format fourni par la DGI et le fichier SIRENE de l'INSEE (figure 11.6 p. 113).

Le système dénombre alors les parcelles touchées et les localise sur un écran cartographique accessible par un bouton sur l'écran de contrôle.

### 11.4.2 Les paramètres ajustables

Un autre bouton permet d'accéder au paramétrage d'un certain nombre de valeurs au gré de l'utilisateur (figure 11.7 p. 113).



Fig. 11.6 L'écran d'entrée dans EVINOND

### 11.4.3 Les écrans de résultats

Ils apparaissent sur la figure 11.8 et permettent de visualiser le bilan des pertes structurelles et fonctionnelles simulées.

## 11.5 La méthode suisse d'évaluation de l'efficacité des parades

### 11.5.1 Le principe de la méthode

Le principe de la méthode est d'évaluer un coût « annuel » du risque en partant de l'évaluation globale des pertes potentielles et en multipliant le montant correspondant par l'espérance de voir se réaliser l'évènement attendu dans un délai donné. Ainsi si l'on estime que l'évènement devrait se produire dans les cinq ans à venir et que les pertes attendues sont de 100, on estime le risque annuel à 20 !

Les choses ne sont jamais aussi simples car toute une série de facteurs peuvent compliquer le jeu. Ainsi, par exemple, si l'on craint un évènement pouvant se manifester en plusieurs phases successives, chacune assorti d'un délai d'occurrence donné, on devra opérer des combinaisons sur les estimations. On est ainsi amenés à réfléchir sur une arborescence d'évènements.

### 11.5.2 L'arbre des évènements

Cet exemple est tiré du cas de Séchilienne où les experts envisagent quatre scénarios principaux de gravité croissante, mais avec des « espérances » de manifestation très différentes : si le premier peut être attendu dans les cinq ans, le second n'a qu'une « chance » sur dix de se produire la même année, et la même règle est retenue successivement pour le troisième et le quatrième (figure 11.9 p. 114).



Fig. 11.7 Le réglage des paramètres dans EVINOND

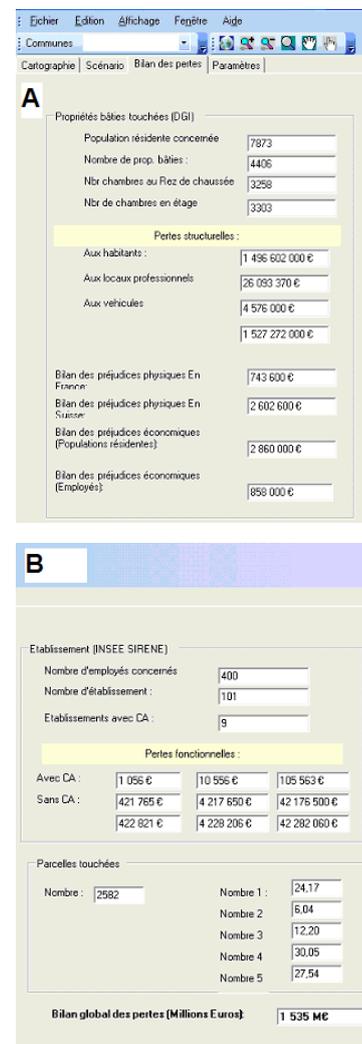


Fig. 11.8 Le bilan des pertes structurelles et préjudices associés pour les propriétés bâties (A) et pour les établissements industriels et commerciaux (B)

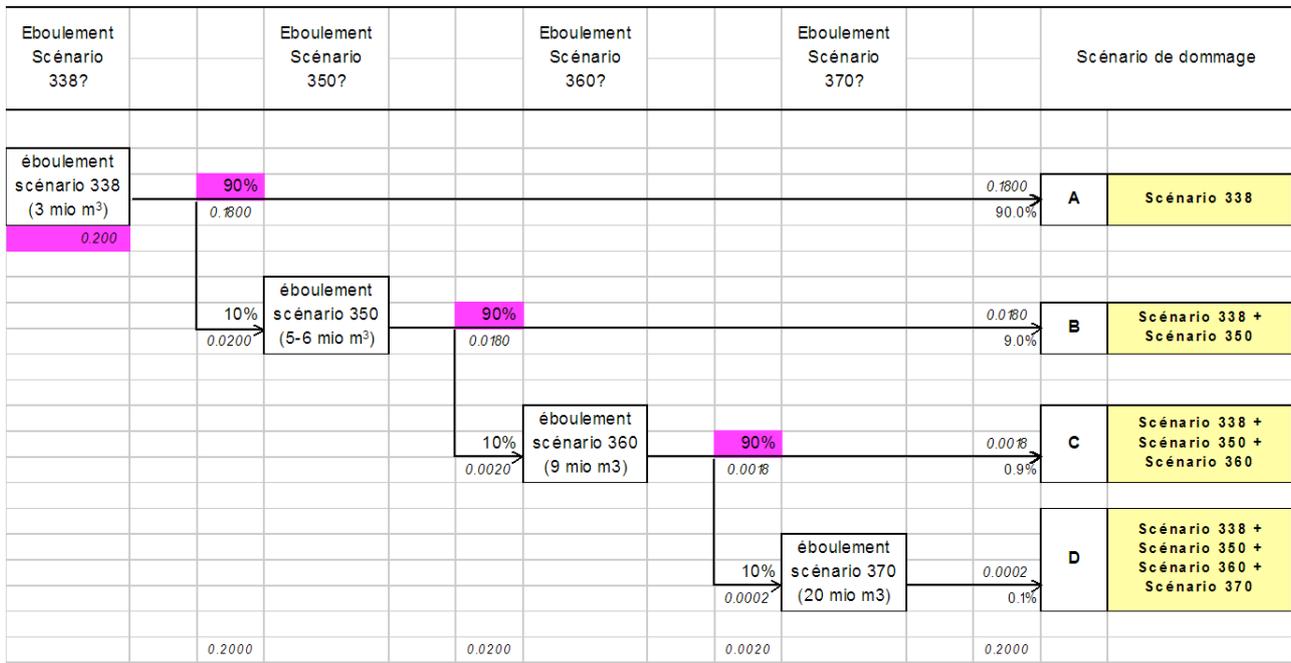


Fig. 11.9 Exemple d'arbre d'événements (scénarios d'éboulements sur Séchilienne)

11.5.3 Le risque annuel à prendre en compte

Si le bilan prévisionnel des pertes (risque) est respectivement de  $P_1, P_2, P_3, P_4$  pour les quatre scénarios envisagés, le « risque » annuel à retenir sera ainsi de :

$$R_a = 0,18 \times P_1 + 0,018 \times P_2 + 0,0018 \times P_3 + 0,00018 \times P_4$$

et la part de ce « risque » relative à chaque catégorie de pertes (structurelles, fonctionnelles, personnelles) peut être évaluée.

EVARISK permet de refaire aisément cette évaluation :

- pour chaque scénario, et, à l'intérieur de chacun, pour les diverses conditions propres à chaque hypothèse (voir en 5.1 p. 115) ;
- pour les hypothèses de réduction propres à chacune des parades envisagées. On obtient alors le risque résiduel correspondant, et on peut évaluer la réduction de risque générée par la parade :

$$\Delta R = R_{\text{avant}} - R_{\text{après}}$$

11.5.4 Le coût des parades

Les coûts  $K_{(P_i)}$  des diverses parades ( $P_i$ ), ont été estimés par le maître d'ouvrage. Ces investissements se font en une fois (à quelques adaptation de programme près, mais qui ne sont pas prises en compte ici pour les grands travaux de longue durée), au début des travaux.

La méthode suisse préconise de transformer les coûts d'investissement  $K$ , en coûts annuels  $K_a$ , comme suit :

$$K_a = K_{ba} + K_u + K_r + (K - L_n)/n + (K + L_n) \times p/2 \times 100$$

- $K_a$  Coûts annuels €/ans
- $K_{ba}$  frais d'exploitation €/ans
- $K_u$  coûts d'entretien annuels, en % de  $K$  €/ans
- $K_r$  coûts de réparation annuels, en % de  $K$  par an €/ans
- $K$  coûts d'investissements €
- $L_n$  valeur résiduelle après la durée de fonctionnement €
- $N$  durée de fonctionnement, en années ans
- $P$  taux d'intérêt = 3 % %

On a donc évalué pour chaque scénario un « risque » ou « estimateur économique du montant des pertes prévisibles »,  $R_0$ . Après la réalisation des mesures techniques, il faut déterminer le risque résiduel  $R_r$ . La différence correspond à la réduction du risque  $R_v$ , qui correspond à la prestation de protection.

11.5.5 L'efficacité des parades

La rentabilité ou l'efficacité de l'investissement est alors exprimée par :

$$E = \Delta R / K_a$$

La procédure, dans son ensemble, doit être adaptée, année après année, en fonction de l'évolution de la situation, avec révision éventuelle des divers paramètres pris en compte,

aussi bien en matière de valeur des éléments exposés que de « probabilité » des événements pressentis. C'est l'un des avantages du système EVARISK que de permettre aisément cette révision pour accompagner la prise de décisions importantes.

## 11.6 Application au cas de Séchilienne

L'ensemble des méthodes et outils présenté ici a été utilisé particulièrement en 2004 pour le compte de la Direction Départementale de l'Équipement de l'Isère et sous contrôle de l'Inspection Générale du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable pour l'étude économique des risques résultant de l'éboulement de Séchilienne et des mesures de réduction de ces risques.

On ne présente pas ici les résultats détaillés de cette étude puisqu'ils ne sont pas encore rendus publics, mais on rappelle brièvement le cadre de la réflexion.

### 11.6.1 Les hypothèses sur les conditions de manifestation du phénomène

L'éboulement de Séchilienne a été identifié depuis plusieurs dizaines d'années et il est sous surveillance permanente par les services techniques de l'Équipement. Un comité d'experts a défini un certain nombre de scénarios ou combinaisons de scénarios d'évolution de cet éboulement, avec, chaque fois, pour conséquence, un barrage plus ou moins important de la vallée de la Romanche, une accumulation d'eau derrière ce barrage et la libération d'une onde de submersion lors de sa rupture. Quatre hypothèses de gravité croissante (volume), mais correspondant à des termes d'occurrence de plus en plus lointains ont ainsi été formulées.

Les simulations hydrauliques correspondantes ont été établies par SOGREAH et elles ont été prises comme hypothèses pour l'application de EVARISK.

Mais, pour chacune de ces hypothèses, un certain nombre de conditions complémentaires doivent être prises en compte, portant notamment sur les coupures de trafic routier, le débit de la Romanche au moment de l'évènement, la formation ou non d'un lac plus ou moins important à l'amont du barrage, ou encore l'importance et la durée des évacuations préventives.

EVARISK a permis de dresser le bilan des pertes potentielles pour chaque hypothèse.

### 11.6.2 L'éventail des parades envisagées

Les experts et les services de l'Équipement ont étudié l'ensemble des parades possibles qui se répartissent en trois catégories principales :

- ouvrages d'écrêtage de l'onde de submersion (pour l'hypothèse de rupture la moins grave et la plus vraisemblable),
- déviations routières (plus ou moins importantes),

- galeries hydrauliques (pour diverses capacités d'évacuation des eaux amont).

Ils ont évalué les coûts, modalités et délais de réalisation de ces parades. Cela conduit à nouveau à une série d'hypothèses plus ou moins complexes, dépendant des caractéristiques des solutions proposées, de leur terme et de leur rythme de mise en œuvre, de leurs possibles combinaisons. L'ensemble a été pris en compte dans une arborescence d'évènements qui permet de distinguer finalement une centaine de cas.

La méthodologie utilisée en Suisse propose quelques règles d'évaluation de l'amortissement annuel de ces coûts. On l'a utilisée pour calculer dans chaque cas le ratio « coût annuel de la parade/réduction de pertes annuelles »

On dispose ainsi finalement non seulement de toutes les évaluations détaillées des pertes potentielles pour chaque scénario, mais aussi d'un classement très intéressant des diverses solutions en termes d'efficacité.

## 11.7 Bilan et perspectives

On a essayé de montrer ci-dessus un certain nombre de progrès possibles en matière de prévention des risques. On souhaite pour terminer remettre en ordre et en perspective les principaux points autour desquels ces progrès pourraient se concrétiser.

## 11.8 Les processus d'élaboration et d'expression des PPR

On a investi depuis plus de 20 ans, en France comme dans le monde beaucoup d'efforts et d'argent dans l'élaboration de plans de prévention des risques. On continue de le faire sur la base de spécifications imprécises et qui génèrent trop de subjectivité et de confusion dans l'expression de ce qu'il est convenu d'appeler l'aléa. On pourrait accéder à plus de rigueur en s'efforçant de recueillir, de valider et de structurer les données indispensables<sup>1</sup> (topographiques, géologiques, hydrauliques, historiques) pour les mettre à disposition des spécialistes. Ceux-ci pourraient alors consacrer plus d'efforts à l'exploitation de leur expérience pour l'établissement de diagnostics et pronostics.

De plus, dans le processus d'information puis de négociation avec les collectivités concernées, on arriverait ainsi à beaucoup plus de clarté dans l'expression des arguments qui permettent de définir, d'explicitier et de communiquer aux populations pour qu'elles se l'approprient, la connaissance de l'aléa, l'identification des éléments exposés et de leur vulnérabilité, et donc du risque.

<sup>1</sup> À condition toutefois de contrôler les positions abusives en matière de prix et de droits d'utilisation de certains fournisseurs ou gestionnaires de données !

## 11.9 L'évaluation économique précises des pertes encourues

On a vu aussi comment on pouvait ouvrir des voies pour une analyse économique détaillée des pertes potentielles sur un territoire donné, sous réserve, là encore, que l'on dispose de données structurées sur les éléments en jeu.

Le cadastre et les bases de données littérales associées sont, de ce point de vue, d'un intérêt essentiel, même s'ils demeurent difficiles d'accès et s'il faut veiller, dans leur utilisation, à ne pas enfreindre les lois relatives à la propriété privée. Il serait du plus haut intérêt qu'une collaboration interministérielle permette, à un terme aussi court que possible, de libérer et de simplifier l'accès à un certain nombre de données essentielles.

De la même façon, dans le cadre des travaux de l'INSEE, il serait fort utile de recueillir spécifiquement un certain nombre de données intéressantes pour l'évaluation des pertes générées par des phénomènes naturels dangereux.

Les méthodes présentées revêtent un intérêt particulier pour les cas majeurs tels que celui de Séchilienne, mais elles peuvent très bien être mises en œuvre sur des cas locaux, ou encore à l'échelon communal des PPR, en permettant notamment un certain nombre de choix de priorités que l'on n'a pratiquement aucun moyen de faire aujourd'hui.

## 11.10 Les possibles améliorations en termes de répartition des risques (développement territorial et assurances)

La répartition des risques est un élément essentiel de la politique de prévention. C'est un des principes de base de l'action des assureurs. On vient de voir que les méthodes évoquées permettent de se donner des nouvelles clés pour estimer la relativité des diverses situations d'exposition aux risques.

On n'utilise guère jusqu'à aujourd'hui que des approches macro-économiques des risques, et singulièrement des risques dits naturels. Les méthodes proposées permettent beaucoup plus de finesse et la mise en œuvre d'estimations micro-économiques locales beaucoup plus pertinentes pour optimiser une stratégie de répartition. Elles le sont aussi pour l'optimisation du développement territorial.

C'est dans le cas particulier des inondations que l'on estime pouvoir obtenir les résultats les plus probants à court terme, notamment parce que les phénomènes sont relativement faciles à caractériser et que, par ailleurs, on commence à disposer d'une large expérience sur les modes d'endommagement, de dysfonctionnement et de préjudice.

## 11.11 Les résultats envisageables pour des programmes de consolidation de l'expérience internationale et des acquis de diverses équipes

Enfin, il est très encourageant de constater que le travail présenté sur Séchilienne résulte de la coordination des efforts de deux instances privées de nationalités différentes et qui, de surcroît, sont des P.M.E. On espère pouvoir trouver un soutien à la consolidation des diverses méthodes présentées ci-dessus. Il reste suffisamment à faire pour que de nombreux acteurs scientifiques, techniques, administratifs, mais aussi politiques concourent à cette consolidation.

## 11.12 Bibliographie

- WILHELM C. (1999) — Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen — Praxishilfe. OFEFP, Schriftenreihe Umwelt. Bern, 1999.
- ASTÉ J. P., BADJI N., HAJJI H., HACID S. (2002) — Nouvelles perspectives pour la gestion du sol, du sous sol et des risques en site urbain — Journées Nationales de Géologie Géotechnique, Nancy.
- ASTÉ J. P. (2001) — Géomatique et gestion des risques urbains — in « Gestion spatiale des risques », Série « Information Géographique et Aménagement du Territoire », Éditions Hermès.

## Remerciements

L'auteur remercie particulièrement son partenaire suisse, André Burkard du bureau « Wasser, Schnee, Lawinen » qui lui a permis de se familiariser avec la méthode suisse évoquée sommairement ici.

## Partie 5

# Prise en compte et réduction de la vulnérabilité



## 12 Réduire la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable

Jean-Luc SALAGNAC\* et Bruno BESSIS\*\*

\*Centre scientifique et technique du bâtiment 4 avenue du Recteur-Poincaré, 75782 Paris CEDEX 16

salagnac@cstb.fr \*\*Direction générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction Bureau QC, 2 Arche de la Défense, 92055 La Défense CEDEX 4

bruno.bessis@equipement.gouv.fr

**Résumé.** — L'inondation est un risque naturel qui concerne un grand nombre de communes et touche annuellement plusieurs milliers de sinistrés. Nous nous attachons à définir de manière méthodique des mesures de réduction de la vulnérabilité des bâtiments existants, quelle que soit leur destination : logement, industriel, tertiaire, scolaire, ... Ces mesures ont pour objectif de limiter : i– les risques pour les personnes, ii– les dommages aux biens dans la perspective de minimiser les travaux de remise en état, iii– le délai de reprise de possession des lieux dans des conditions sanitaires satisfaisantes.

La définition et l'évaluation de ces mesures se heurtent au manque de retours d'expérience organisés vers ces objectifs. Une meilleure connaissance du comportement des matériaux et ouvrages aiderait aussi à prescrire des mesures pertinentes. Un guide à destination des sinistrés potentiels sera issu en 2005 de cette réflexion.

**Mots-clés.** — vulnérabilité, inondation, bâtiments existants.

**Title.** — *Reducing vulnerability of buildings in flood-prone areas*

**Abstract.** — About one third of the French towns are concerned by flood risk. We focus our work on a methodical definition of prevention and protection measures in order to reduce the vulnerability of buildings (dwellings, industrial, offices, schools, ...).

The objectives of these measures are to limit : i– risks for occupants, ii– damages to buildings in order to minimise repair works, iii– the delay before reoccupation under satisfactory sanitary conditions.

The definition and the evaluation of these measures are made difficult because of the insufficient return of experience and the lack of knowledge concerning the behaviour of flooded materials and building parts. Improvements in these two directions will help in the future. A guide is planned in 2005 to be distributed to potential flood victims.

**Key-words.** — vulnerability, flood, existing buildings.

### 12.1 Introduction

Parmi les risques naturels susceptibles d'affecter le territoire français, l'inondation concerne, en partie ou en totalité, une commune sur trois environ. Les zones sensibles sont cartographiées. Les risques d'inondation représentent environ 80 % du coût des dommages imputables aux catastrophes naturelles (MELT, MELAT, 1999). Le nombre de personnes concernées annuellement est estimé à 80 000.

Les bâtiments concernés sont des constructions existantes dont les choix de la localisation et de parti constructif n'ont pas toujours anticipé l'occurrence d'inondation.

« En France, 80 % des permis de construire en zone inondable ont été délivrés durant ces quarante dernières années. On estime que deux millions de personnes vivent aujourd'hui dans ces zones, qui représentent une superficie de 22 000 km<sup>2</sup> réparties sur 8 500 communes. » (Renaud Vié Le Sage, 1993).

Par ailleurs, des bâtiments qui n'ont jamais connu d'inondation peuvent se retrouver inondés du fait de modifications de l'écoulement des eaux induites par des travaux divers modifiant les régimes d'écoulement ou à l'occasion de précipitations exceptionnelles.

La question se pose alors de définir des mesures d'intervention sur ces bâtiments avec un triple objectif :

- limiter les risques pour les personnes,
- limiter les dommages aux biens dans la perspective de minimiser les travaux de remise en état,
- limiter le délai de reprise de possession des lieux dans des conditions sanitaires satisfaisantes.

La définition précise des interventions dépend de chaque cas. La situation du bâtiment, sa construction, l'aléa caractérisant l'inondation, le type d'activité effectuée dans ce bâtiment sont autant de paramètres à prendre en compte.

### 12.2 Objectifs des interventions

L'expérience montre que, dans les zones fréquemment inondées, certains sinistrés adoptent des comportements qui sont autant d'exemples d'aboutissement d'une démarche conduite par rapport à une vision personnelle des objectifs énoncés.

En un même lieu, les uns pourront choisir de limiter la pénétration de l'eau alors que d'autres auront opté pour la laisser entrer. Chacune de ces postures s'accompagne d'un

ensemble de dispositions relatives à l'occupation, au choix des matériaux, ... dans les zones concernées des bâtiments. Un déterminant essentiel est le niveau d'aléa à l'endroit où se trouve le bâtiment.

Le processus qui conduit à la mise en œuvre de ces mesures n'est pas formalisé. Même si des tendances peuvent être dégagées quant aux principes de protection retenus, il apparaît qu'il n'y a pas de « vérité » absolue.

Le tableau **12.1 p. 121** illustre ces principes d'actions en réponse aux trois objectifs énoncés.

Plusieurs documents sont d'ores et déjà disponibles qui listent les points sensibles des bâtiments et décrivent des interventions possibles. Ils sont généralement présentés sous la forme d'un écorché de bâtiment facilitant la visualisation des zones d'intervention. Ces documents constituent un premier niveau d'information mais pèchent en général par l'absence de hiérarchie permettant d'établir un plan raisonné de priorités et par le manque d'indication sur la coordination des interventions afin de tirer le meilleur parti des mesures mentionnées. Par ailleurs, au-delà de la description du principe de chaque type d'intervention, peu d'information est disponible sur leur portée et leurs limites.

Le présent article décrit une démarche qui a pour objectif de procurer aux sinistrés potentiels une méthode d'approche pour les aider à organiser un programme raisonné d'interventions. Il est proposé de construire ce plan à partir d'une « lecture » du bâtiment adaptée au type d'inondation.

### 12.3 Les situations d'aléa

L'aléa inondation est caractérisé par trois paramètres : hauteur, durée, vitesse.

La **hauteur d'eau** est celui, parmi ces trois paramètres, qui peut être évalué de la manière la plus fiable dans le cas d'inondation de plaine et de remontée de nappe. Les documents (PPR, Atlas des Zones Inondables) et repères de mémoire (histoire/mémoire locale, témoins de niveaux d'événements antérieurs) s'y réfèrent explicitement. La précision de cette évaluation peut cependant être médiocre pour un bâtiment particulier.

La **durée d'immersion** peut également avoir été enregistrée mais ce n'est pas la règle. Ce paramètre joue un rôle essentiel dans le processus de dégradation des performances des matériaux et des ouvrages. Une des recommandations parfois formulée consiste à utiliser des « matériaux moins sensibles à l'eau ». Passée l'évidence du propos, le prescripteur soucieux d'appliquer cette recommandation ne dispose pas à ce jour en France de document présentant une liste de tels matériaux. Il y aurait nécessité à créer une base de connaissance en ce domaine afin de mieux anticiper les dégâts et asseoir les recommandations de réduction de vulnérabilité sur des bases rigoureuses.

La **vitesse du courant** peut résulter de spécificités très localisées au voisinage immédiat du bâtiment. Un fort courant peut être un facteur aggravant même pour un faible

niveau et une faible durée. Un tel courant peut induire la destruction de certains ouvrages du fait de l'action dynamique de l'écoulement et/ou des chocs éventuels avec des objets lourds entraînés par le courant. La prédiction du comportement dépend de nombreux facteurs parmi lesquels les qualités mécaniques de l'ouvrage et la présence ou non d'ouvertures.

Rappelons par ailleurs que, même en l'absence de débit d'eau important, un mur maçonné de facture courante est fragilisé dès qu'il est soumis à une différence de hauteur de un mètre entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Cet élément est à retenir pour dimensionner les dispositifs destinés à empêcher l'eau de pénétrer dans les bâtiments. Une trop grande efficacité de ces dispositifs sur une hauteur importante créerait un risque important de ruine des bâtiments.

L'importance relative de ces trois paramètres en terme de cause prépondérante de dégât dépend du type d'inondation. Le classement proposé dans le tableau **12.2 p. 121** est établi du point de vue des impacts sur le bâtiment

Dans chacune de ces deux situations, le triple objectif assigné aux mesures de prévention se décline de manière différente, notamment du fait de la rapidité du phénomène. Le temps dont disposent les occupants pour intervenir conditionne en effet la nature et la portée de ces interventions comme présenté dans le tableau **12.3 p. 122**.

L'évaluation des trois paramètres (hauteur d'eau, durée d'immersion, vitesse du courant) est plus ou moins aisée. Il n'existe pas de carte ou de document qui fournit ces informations pour un bâtiment particulier. Il faut cependant s'efforcer d'approcher les valeurs de ces paramètres pour définir des mesures pertinentes de prévention.

À défaut de les évaluer précisément la démarche pourra consister à opérer par hypothèses d'aléa croissant en examinant, à l'aide des outils proposés, les implications, notamment financières, de la mise en œuvre des mesures préconisées.

### 12.4 Modes de pénétration de l'eau

#### 12.4.1 Ouvrages en sous-sol

Même avant que l'eau n'affleure le sol, elle peut remplir les espaces en sous-sol par percolation à travers les parois enterrées notamment en cas de remontée de nappe.

Dès que l'eau affleure le sol, le phénomène précédent est complété par le déversement de l'eau par une ouverture/voie d'eau (sopirail, grille d'aération, ...).

L'occlusion de ces voies d'eau (difficile à garantir sauf à disposer de dispositifs d'occlusion parfaitement adaptés) et l'imperméabilisation des parois enterrées (difficile à réaliser pour un bâtiment existant) ne sont pas obligatoirement la panacée. Une étanchéité trop parfaite, aboutissant à ne pas avoir d'eau dans l'espace en sous-sol pourrait mettre en péril la stabilité du bâtiment du fait de la poussée hydrostatique sur les murs enterrés et de la poussée d'Archimède sur l'ensemble du bâtiment.

Tableau 12.1 Principes d'actions en réponse aux trois objectifs

Objectifs	Principes d'actions à examiner
limiter les risques pour les personnes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Créer une zone refuge</li> <li>♦ Faciliter l'évacuation des personnes</li> <li>♦ Empêcher la flottaison</li> <li>♦ ...</li> </ul>
limiter les dommages aux biens dans la perspective de minimiser les travaux de remise en état.	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Limiter la pénétration d'eau dans le logement</li> <li>♦ Limiter la pénétration d'eau polluée</li> <li>♦ Limiter la pénétration de fines</li> <li>♦ ...</li> </ul>
limiter le délai de reprise de possession des lieux dans des conditions sanitaires satisfaisantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Faciliter la remise en route des équipements</li> <li>♦ Faciliter le nettoyage</li> <li>♦ Faciliter le séchage</li> <li>♦ ...</li> </ul>

Tableau 12.2 Caractérisation de l'aléa en fonction du type d'inondation établie en fonction de son impact sur le bâtiment

Type d'inondation	Plaine	Remontée de nappe phréatique	Torrentielle	Ruissellement
Ordre d'importance des facteurs	1 Hauteur	Hauteur	Vitesse	Vitesse
	2 Durée	Durée	Hauteur	Hauteur
	3 Vitesse	Vitesse	Durée	Durée
	Situation I		Situation II	

La réponse à cette question passe par une étude au cas par cas. La géométrie des murs, leur composition, leur qualité mécanique entrent en ligne de compte dans cette appréciation.

Prévoir le remplissage de cet espace est une solution qui présente moins de risques du point de vue de la stabilité dans la mesure où l'équilibre des pressions de chaque côté du mur est assuré pendant toute la durée de l'inondation (attention toutefois au moment de l'évacuation de l'eau après inondation). La mise en œuvre d'une telle solution demande à être anticipée notamment par le choix de l'usage qui est affecté à cet espace et par le choix de matériaux minéraux qui seront peu dégradés par l'eau (béton brut, maçonnerie apparente, ...).

#### 12.4.2 Ouvrages situés au-dessus du sol

Intuitivement, il existe des seuils de déclenchement de mesures de protection qui correspondent à l'apparition de voies d'eau au fur et à mesure que l'eau monte.

La démarche qui consisterait à vouloir rendre étanche les murs extérieurs et le plancher bas du bâtiment est vouée à l'échec pour plusieurs raisons. Premièrement, ces ouvrages sont conçus et réalisés suivant des règles définies pour limiter les risques de contact des ouvrages avec l'eau de pluie et l'eau de condensation et pour évacuer facilement cette eau le cas échéant (l'immersion n'est pas une situation prise en compte par ces règles). Deuxièmement, un

bâtiment est ancré au sol et ne pourrait résister aux efforts dus à la poussée d'Archimède sans entraîner la ruine totale ou partielle des ouvrages. Enfin, les dimensions des murs maçonnés (technique largement dominante) ne permettent pas à ces ouvrages de résister à la pression hydrostatique.

Concernant ce dernier point, le seuil d'un mètre (différence de hauteur entre l'intérieur et l'extérieur) correspond à la zone de fragilité des murs maçonnés évoquée précédemment. La hauteur de un mètre a été retenue par le ministère de l'environnement et du développement durable comme cote de sécurité dans le cas d'utilisation de barrières anti-inondation.

#### 12.4.3 Pénétration par les réseaux d'évacuation

Les eaux usées domestiques sont évacuées par des réseaux spécialisés vers l'extérieur où elles sont traitées.

Dès lors que ces installations de traitement, collectives ou individuelles, sont inondées, la pression de l'eau peut refouler les eaux usées vers le bâtiment. Ces effluents peuvent alors ressortir par les évacuations de tous les équipements sanitaires (douches, baignoires, cuvettes de WC, lavabo, évier, ...).

La mise en place d'un clapet anti-retour permet de limiter ces refoulements. L'adoption de cette mesure nécessite un examen du réseau et la connaissance de l'existence éventuelle de dispositifs déjà installés.

Tableau 12.3 Incidence des situations sur la nature et la portée des mesures de prévention

	Situation I	Situation II
Limiter les risques pour les personnes		La montée des eaux est généralement rapide ce qui plaide pour une bonne anticipation des mesures de prévention. L'arrivée généralement brutale de l'eau peut générer un choc initial destructeur (effet de vague) qui limite la portée de mesures de prévention.
Limiter les dommages aux biens dans la perspective de minimiser les travaux de remise en état,	La montée des eaux s'effectue sur un ou plusieurs jours, permettant ainsi de réaliser sans précipitation la préservation des mobiliers et équipements ainsi qu'une éventuelle évacuation.	Par ailleurs, un fort courant peut provoquer des affouillements des fondations préjudiciables à la stabilité du bâtiment. Ces vulnérabilités particulières des bâtiments doivent être identifiées au cas par cas. Dans certaines situations extrêmes, l'abandon préalable du bâtiment peut être la solution la plus pertinente.
Limiter le délai de reprise de possession des lieux dans des conditions sanitaires satisfaisantes.	La durée de certaines inondations (plusieurs semaines) peut dégrader des ouvrages de second œuvre dans des proportions qui atténuent fortement l'effet des mesures.	Privilégier les dispositions destinées à limiter les effets destructeurs liés au courant et compléter par des mesures adaptées de la situation I.

## 12.5 Les principes d'actions

Le déplacement du bâtiment étant une solution exclue compte tenu des modes de construction des bâtiments en France<sup>1</sup>, le principe de protection repose sur trois types d'actions :

- organiser l'activité dans le bâtiment de manière à limiter la vulnérabilité des personnes, ouvrages, biens et équipements dans les parties situées en dessous du niveau d'eau correspondant à l'aléa de référence retenu,
- remplacer, là où il est possible de le faire, les matériaux sensibles à l'eau par d'autres qui le sont moins,
- limiter, autant que faire se peut, la pénétration de l'eau à l'intérieur du bâtiment sans mettre en péril sa structure.

La mise en œuvre de ces principes suppose une implication forte des sinistrés potentiels.

La méthode est guidée par la distinction introduite précédemment suivant que le bâtiment se trouve en « situation I » ou en « situation II ».

Cette distinction repose sur la différence des modes prédominants d'agression des ouvrages dans chacune des deux situations : hauteur (et durée) en situation I, vitesse en situation II. Afin de faciliter l'utilisation des grilles, supports de la méthode, nous avons adopté une présentation commune pour les deux situations.

Trois grilles sont proposées pour chacune des deux situations. Elles correspondent à chacune des trois questions exposées en introduction. Cette séparation en trois grilles est destinée à faire ressortir les mesures qui relèvent plus particulièrement du traitement de telle ou telle question. Le programme définitif d'intervention est à construire à partir des réponses issues de chacune des trois grilles. Chaque grille est composée de trois parties.

À gauche, une échelle de hauteur d'eau dont le niveau zéro est celui du plancher bas.

- ▶ en situation I, cette échelle de hauteur est l'échelle d'aléa ;
- ▶ en situation II, l'aléa devrait être fixé à partir d'une indication de vitesse. Or, il est assez illusoire de vouloir accéder à cette information au niveau d'un bâtiment particulier. Pour cette raison et afin de conserver la lisibilité de la présentation des mesures de prévention, nous avons conservé la même forme de grille qu'en situation I. L'échelle de hauteur permet alors de situer les interventions par rapport au bâtiment.

Au centre, des indications de mesures constructives classées par ordre décroissant de priorité de gauche à droite. Chaque intervention est accompagnée d'une indication sur sa portée et ses limites,

À droite, des mesures d'accompagnement des mesures constructives qui se déclinent en mesures lors de l'annonce de crue, pendant la crue et à la décrue.

L'utilisation de ces grilles découle de leur structure. Une fois repéré le niveau d'aléa sur l'échelle, les mesures préconisées sont celles situées en dessous de ce niveau. Chaque cas est particulier. La lecture de la grille ne donne pas directement le programme de travaux mais indique une hiérarchie de possibilités d'actions et les cohérences à assurer entre ces actions.

À titre d'exemple, le tableau 12.2 p. 121 présente la grille relative aux mesures destinées à limiter les risques pour les personnes en situation I.

## 12.6 Conclusion

L'élaboration de l'outil présenté répond à une réelle demande des sinistrés potentiels et des administrations en charge de la diffusion d'information relatives à la prévention des inondations. Sa diffusion devrait être accompagnée d'un dispositif de recueil des avis d'utilisateurs afin de l'améliorer. Une des attentes de ces retours concerne les domaines où des connaissances devraient être développées afin d'augmen-

<sup>1</sup> Ce n'est pas le cas par exemple aux États-Unis où la légèreté des constructions en bois permet leur transport/démontage/surélévation.

ter la pertinence des mesures proposées. Ce guide viendra compléter un premier ouvrage consacré à la remise en état des bâtiments après inondation (DGUIHC, 2002).

## 12.7 Bibliographie

MELT & MATE (ministère de l'équipement, des transports et du logement & ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement) (1999) — Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation. Guide méthodologique — Éditions La Documentation Française, Paris, 124 p.

RENAUD VIÉ LE SAGE, Directeur du Commissariat aux Risques Majeurs de 1981 à 1987 au cours d'un entretien accordé en 1993 au magazine « 50 millions de consommateurs », propos cités dans le tome 1 du rapport de la Commission d'enquête parlementaire « Causes des inondations et les moyens d'y remédier — Les conséquences de la décentralisation, une application défailante de la réglementation ». [www.assembleenationale.fr/rap-enq/r10-1641-1.asp](http://www.assembleenationale.fr/rap-enq/r10-1641-1.asp)

D.G.U.H.C. (direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction) (2002) — Les outils : Inondations. Guide de remise en état des bâtiments. En particulier, ne pas créer de lieu de séjour de personnes vulnérables dans les espaces concernés par l'inondation de référence.

## Remerciements

Cette réflexion est soutenue par la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction.

Tableau 12.4 Mesures destinées à limiter les risques pour les personnes en situation I

H (cm)	Mesures constructives	Mesures lors de l'annonce de crue	Mesure à la décrue
> 100	Disposer d'une zone refuge (étage, combles, surélévation, dans un autre bâtiment non exposé)	Évacuer vers la zone refuge les personnes et les équipements nécessaires à l'attente des secours	
0 à 100	Créer, à 1 m environ au-dessus de la cote de référence, un anneau d'amarrage pour embarcation de secours Organiser l'activité des espaces <sup>2</sup> . Nota : ♦ Prévoir une procédure d'évacuation des personnes ♦ Planifier la répétition de cette procédure hors période de crue.	Anticiper la mise en œuvre : ♦ de l'organisation des espaces ♦ de la procédure d'évacuation des personnes Couper l'électricité et le gaz.	
< 0	Prévoir protection de l'accès à la cave	Protéger les accès à la cave	Ne retirer la protection d'accès que lorsque l'eau a été évacuée de la cave



## 13 Réflexion pour une réduction de la vulnérabilité face aux inondations L'exemple des basses plaines de l'Aude

Stéphanie DEFOSSEZ

É.A. 3766 GESTER, *Gestion des sociétés, des territoires et des risques*, Université Paul-Valéry, Montpellier III BRED 203, Route de Mende, 34199 Montpellier, CEDEX 5  
stephanie.defossez@univ-montp3.fr

**Résumé.** — Les sinistres récents sont venus rappeler l'enjeu important que représente le risque inondation en France et plus particulièrement dans les régions méditerranéennes. Ces espaces sont soumis à une augmentation du risque qui dépend à la fois d'un aléa très contraignant et d'une pression anthropique croissante. Pour pallier ces menaces, les services de l'État ont renforcé la mise en place des Plans de Prévention des Risques et de nombreuses initiatives apparaissent en matière de gestion des risques dont l'objectif est la réduction de la vulnérabilité, des dommages et des victimes dans les zones exposées au risque.

Quelles prescriptions inclure dans les Plans de Prévention des Risques (apparaissant comme seul outil de réglementation) de façon à réduire significativement la vulnérabilité en zone inondable ? La conciliation avec d'autres méthodes (adaptation au risque...) pourrait-elle pallier les lacunes actuelles ? Ces méthodes sont-elles applicables ? Peuvent-elles être respectées ? Quelles sont les conditions de leur efficacité ?

**Mots-clés.** — Méditerranée, inondation, mitigation, connaissance du risque, vulnérabilité.

**Title.** — *Reflection for a reduction of the vulnerability facing to floods. The Example of Aude's low plains (basses plaines de l'Aude)*

**Abstract.** — The recent disasters came to recall the important stake that the risk flooding represents in France and especially in Mediterranean regions. These spaces are submitted to an increasing risk that depends both on a very coercive hazard and an increasing human pressure. To palliate to these threats, the services of the state reinforced the setting up of the land use planning (Plans de Prevention des Risques) and numerous initiatives appear concerning management of the risks whose objective is the reduction of the vulnerability, the damages and victims in the zones exposed to the risk.

What prescriptions to include in the PPR (appearing like only tool of regulation) in order to reduce the vulnerability

meaningfully to flood-prone zone ? The conciliation with other methods (adaptation to the risk...) could mitigate the current gaps ? Are these methods applicable ? They can be respected ? What are the conditions of their efficiency ?

**Key-words.** — Mediterranean basin, flood risk, mitigation, knowledge of the risk, vulnerability.

Cette dernière décennie a été marquée par la récurrence de phénomènes hydrologiques dommageables. L'Europe de l'Ouest et la France ont été à maintes reprises le théâtre d'inondations spectaculaires aux conséquences désastreuses. La façade méditerranéenne subit son lot de catastrophes : novembre 1999, septembre 2002, décembre 2003. Ces événements touchant le sud de la France présentent des caractéristiques communes tant par la nature de l'aléa que par l'occupation des espaces à risque. L'aléa représente une spécificité du territoire méditerranéen, lié aux conditions météorologiques particulières. Plusieurs critères définissent cet aléa dont des fortes précipitations, des débits élevés et des hauteurs d'eau considérables<sup>1</sup>.

Les dommages consécutifs à ce type d'inondation entraînent des coûts de reconstruction élevés et des victimes humaines sont à déplorer. Lors des inondations des 12 et 13 novembre 1999 dans l'Aude et ses départements limitrophes, le montant global des dégâts s'est élevé à plus de 600 millions d'euros et 35 victimes ont été dénombrées (Vinet, 2003). L'alourdissement de ces conséquences dommageables est souvent attribué à l'anthropisation croissante des zones inondables.

En effet, les années 1980-1990 se sont révélées comme une période faste de l'urbanisation en France. Mais en de nombreux lieux et notamment en Méditerranée, cet essor urbain s'est effectué avec un choix de sites particuliers, à savoir les sites de vallée ou de plaine. L'implantation humaine a donc gagné les lits majeurs (pourtant connus par les Plans de Surfaces Submersibles) des cours d'eau soumis à des crues fréquentes mais bénéficiant d'une phase de repos hydrologique des crues de grande ampleur. En Languedoc-Roussillon, les inondations de Nîmes en 1988 sont intervenues après trente

<sup>1</sup> Lézignan-Corbières (Aude) en 1999, les précipitations cumulées en 24 h ont atteint 551,2 mm.

Les débits moyens annuels du Rhône à Beaucaire d'environ 1 500 m<sup>3</sup>/seconde ont dépassé les 11 000 m<sup>3</sup>/seconde en décembre 2003.

À Moussoulens (Aude) en 1999, la lame d'eau a atteint 7,57 m dépassant aisément la côte d'alerte fixée à 2 m.

années d'absence de catastrophes. Dans les basses plaines de l'Aude, la dernière crue comparable à 1999 datait de 1940.

Mais ces zones subissant fréquemment des crues dites « classiques », les autorités publiques se devaient de protéger les lieux habités. La politique de gestion des risques était fondée principalement sur l'utilisation de mesures dites structurelles (digues, recalibrage...) dont les limites sont aujourd'hui connues pour les crues exceptionnelles. L'aménagement des cours d'eau et l'absence d'inondations catastrophiques ont fait émerger un sentiment de sécurité chez les populations et les décideurs. Ainsi les autorités locales — qui ont acquis une autonomie quant à la gestion de l'occupation du sol — ont multiplié les autorisations de constructions dont les demandes sont arrivées en masse, par des acquéreurs fonciers ou des particuliers plus soucieux des avantages financiers que des risques encourus. En conséquence, la rapidité de l'expansion urbaine et l'absence de prise en compte de la menace dans l'occupation du sol a donné lieu à une urbanisation non maîtrisée et surtout exposée au risque inondation.

Les basses plaines de l'Aude (figure 13.1 p. 128) constituent un exemple probant de l'urbanisation anarchique en zones inondables où seules des mesures structurelles étaient proposées et utilisées pour se protéger du risque. Les politiques de prévention semblent s'orienter vers des mesures réglementaires et « psychosociales » notamment vers une acquisition d'une culture du risque par les populations. Pour illustrer ce propos, nous prendrons l'exemple de Cuxac-d'Aude, commune des basses plaines de l'Aude durement touchée par les inondations de novembre 1999. Nous avons sollicité les habitants afin qu'ils s'expriment sur leur relation avec le risque inondation par le biais de questionnaires<sup>1</sup> dont l'objectif réside dans l'évaluation de la perception et de la connaissance du risque et des réglementations par les habitants des zones inondables. Au total, nous avons recueilli 188 questionnaires d'habitants situés en zone inondable répartis également sur les différents quartiers de la commune et en majorité inondés (80 %) lors des événements de novembre 1999.

### 13.1 Les basses plaines de l'Aude : une gestion du territoire inadaptée au risque

#### 13.1.1 L'urbanisation au mépris du risque

Dans les années 1970, une déprise viticole dans les basses plaines de l'Aude entraîne une chute des prix des terrains, ce qui précipite l'urbanisation en offrant un large potentiel foncier. Parallèlement, l'évolution démographique affiche une croissance de la population de 20 à 70 % selon les communes de 1975 à 1999. Ces facteurs ont engendré une pression foncière dans un contexte immobilier favorable. Mais la majorité des parcelles offertes se situe en zone

inondable, aussi l'arrivée massive de nouveaux occupants a-t-elle augmenté considérablement les enjeux et les vulnérabilités. Cette situation concerne de nombreuses communes des basses plaines de l'Aude dont Cuxac-d'Aude. Cette commune regroupant 4 272 (INSEE, 1999) habitants a vu son urbanisation décoller dans les années 1980 avec un accroissement des quartiers nord (les Garrigots, les Olivettes...). Mais la commune s'est construite et développée dans le lit majeur de l'Aude — identifié dès 1949 par le Plan de Surfaces Submersibles. Les inondations de novembre 1999 ont submergé quasi intégralement la commune notamment les quartiers nord construits quelques années plus tôt. Les dégâts furent lourds de conséquences totalisant cinq morts et trente millions d'euros de dommages.

Dans un tel contexte, on peut se demander quelles mesures de gestion du risque et de mitigation sont ou seront efficaces et appliquées dans les basses plaines de l'Aude ?

#### 13.1.2 L'aménagement des cours d'eau comme politique de gestion du risque

Les inondations catastrophiques de 1930 et 1940 dans l'Aude avaient déjà soulevé le problème de la gestion du risque. Pour tenter d'y remédier, l'AIBPA<sup>2</sup> fut créée en 1945 avec pour objectif la défense immédiate et la prévention contre les inondations dans les basses plaines de l'Aude (le secteur comprend dix-sept communes). Son champ d'action s'est élargi, depuis la fin des années 1970, à la gestion de l'ensemble des processus relatifs à la protection des terres agricoles et des lieux habités. Cette association apparaît comme gestionnaire privilégié du risque inondation avec comme principales interventions, la mise en œuvre de méthodes structurelles. Des aménagements ont été réalisés comme des endiguements, d'autres travaux étaient programmés tels des aménagements hydrauliques, l'amélioration du ressuyage des terres ou la protection des lieux habités (l'endiguement de Cuxac-d'Aude), mais tous ces projets restent actuellement en attente<sup>3</sup> (figure 13.2 p. 129). En effet, les limites de ces mesures structurelles sont apparues évidentes après des événements catastrophiques. Si elles semblent efficaces pour des crues moyennes, elles peuvent être à l'origine de conséquences aggravantes lors de crues exceptionnelles notamment en cas de rupture d'ouvrage, comme ce fut le cas en 1999 dans l'Aude. Aussi, peu à peu, les gestionnaires du risque prennent conscience de l'intérêt de coupler ces mesures aux réglementations et autres méthodes de mitigation (Huet & Martin 2002).

<sup>1</sup> Ces enquêtes sont intégrées à une recherche multi sites (l'Aude, l'Orge et la Semoy) coordonnée par le CNRS

<sup>2</sup> Association Interdépartementale des Basses Plainnes de l'Aude.

<sup>3</sup> L'AIBPA a été remplacée au 1<sup>er</sup> janvier 2006 par le « syndicat du delta de l'Aude », 19 communes de l'Hérault et de l'Aude y adhèrent.

## 13.2 La connaissance du risque et des réglementations comme moyen de prévention ?

### 13.2.1 Facteurs de perception et d'évaluation du risque

La perception de l'aléa apparaît primordiale dans la conscience du risque, en effet l'évaluation à sa juste mesure de l'aléa favoriserait de meilleurs réflexes en cas d'inondation. D'une manière générale, les interrogés présentent une perception de l'aléa plutôt conforme aux vérités scientifiques. Mais il faut préciser que la description de l'aléa par la population de Cuxac-d'Aude caractérise en fait les inondations de 1999, dernière inondation de grande ampleur qui s'est produite dans les basses plaines de l'Aude. La perception et la connaissance du risque par les populations s'effectuent par rapport à un événement de référence très souvent l'événement de plus grande ampleur et récent. En novembre 1999, 80 % des interrogés ont subi l'inondation. Cet événement a ravivé les mémoires et les consciences quant à la nature du danger. La majeure partie des personnes interrogées (90 %) se sent concerné par le risque et l'estime comme assez et très important. Mais le vécu n'est pas le seul facteur dont dépend la prise en compte du risque par les populations. L'hypothèse que la proximité du cours d'eau influe sur la conscience du risque est souvent avancée (Longuépée, 2003). Cette représentation est remise en cause par les résultats obtenus à Cuxac-d'Aude. En effet, quasiment 90 % des interrogés déclarent ne pas tenir compte de la proximité du cours d'eau dans leur choix d'installation dans la commune. Aussi s'il n'apparaît pas comme un critère positif, le cours d'eau n'est pas non plus considéré comme un facteur contraignant. Des facteurs plus fonctionnels comme le paysage, l'aspect financier ou la proximité des services de la ville déterminent le choix de l'installation. Il apparaît par conséquent essentiel que les acteurs intermédiaires de la vente, par exemple les notaires, effectuent un travail rigoureux d'information du risque. Encore faut-il que ces acteurs privilégient réellement l'information et non pas les retombées financières d'une installation. La nécessité de l'information préventive a été renforcée par la loi du 30 juillet 2003 avec des mesures comme la pose de repères de crues, l'organisation de réunions publiques ou l'obligation pour les professionnels de la vente (notaire) d'informer le citoyen sur sa situation en zone inondable... Cette notion d'information tend à se généraliser mais présente des lacunes quant aux décennies précédentes. À Cuxac-d'Aude, une personne sur trois ignorait le risque au moment de son installation dans la commune.

L'évaluation et la perception du risque impliquent également une représentation — à échelle globale — par les populations des méthodes de protection contre l'aléa et de réduction des enjeux et des vulnérabilités. La perception par les interrogés des mesures efficaces pour lutter contre les inondations porte encore sur la maîtrise de l'aléa. L'entretien

des berges, des canaux et des digues (sans modifier le cours d'eau) apparaît comme une solution efficace pour plus de deux tiers des personnes sondées. S'ensuit la proposition des zones d'expansion des crues en gardant des terrains libres pour que l'eau s'y étale. Cette dernière solution fait le lien direct avec les actions sur les enjeux. En effet, garder ces terrains libres coïncide avec le fait de limiter les constructions dans les zones à risque. Aussi il semble prépondérant de réglementer et de réguler les constructions en agissant directement sur l'attribution des permis de construire par les autorités locales. Les futures installations sont réglementées par les Plans de Prévention des Risques mais il faut également agir sur l'existant. Sur ce dernier point les outils de réglementation restent largement lacunaires.

### 13.2.2 Quelle connaissance des outils de réglementation ?

Depuis 1995, les Plans de Prévention des Risques se sont imposés comme unique outil réglementaire de gestion du risque remplaçant tous ceux existants jusqu'alors (PSS, article R111-3, PER...) et ont été mis en place — non sans mal — suite aux événements catastrophiques de ces dernières années. La connaissance du risque et des réglementations représente un facteur essentiel dans la conscience et la culture du risque. Cette culture du risque sera favorable à la mise en place de mesures de protection individuelles ou collectives indispensables à la réduction des vulnérabilités. Pour activer ce processus, il semble primordial de développer l'information préventive confiée aux collectivités locales qui ont de plus en plus de responsabilités en la matière.

Dans les basses plaines de l'Aude, un quart des personnes interrogées déclare savoir qu'il existe des lois ou réglementations conçues spécialement pour protéger les biens et les personnes. Mais peu de personnes citent spontanément le PPR pourtant appliqué par anticipation depuis juin 2003 et donc soumis à enquête publique. Cependant l'outil réglementaire a une notoriété non négligeable à son évocation, 70 % déclarent connaître l'existence des PPR, mais seulement la moitié affirme savoir qu'il est appliqué dans la commune. Même si ces résultats paraissent positifs, il reste des efforts à fournir quant à l'information sur les réglementations. En effet, même si la notion de P.P.R. semble émerger dans les esprits, très peu d'interrogés sont capables d'évoquer les principes de cet outil de réglementation.

Pour aboutir à un niveau satisfaisant de connaissance et ainsi assurer la réduction de la vulnérabilité, il faut compter avec la concertation et l'implication de tous les acteurs du risque, à toutes les échelles. (Scarwell, Leclercq, 2004).

## 13.3 Les mesures de réduction de la vulnérabilité : la nécessité de concertation de tous les acteurs

### 13.3.1 Les méthodes individuelles

Les réponses individuelles au risque apparaissent de plus

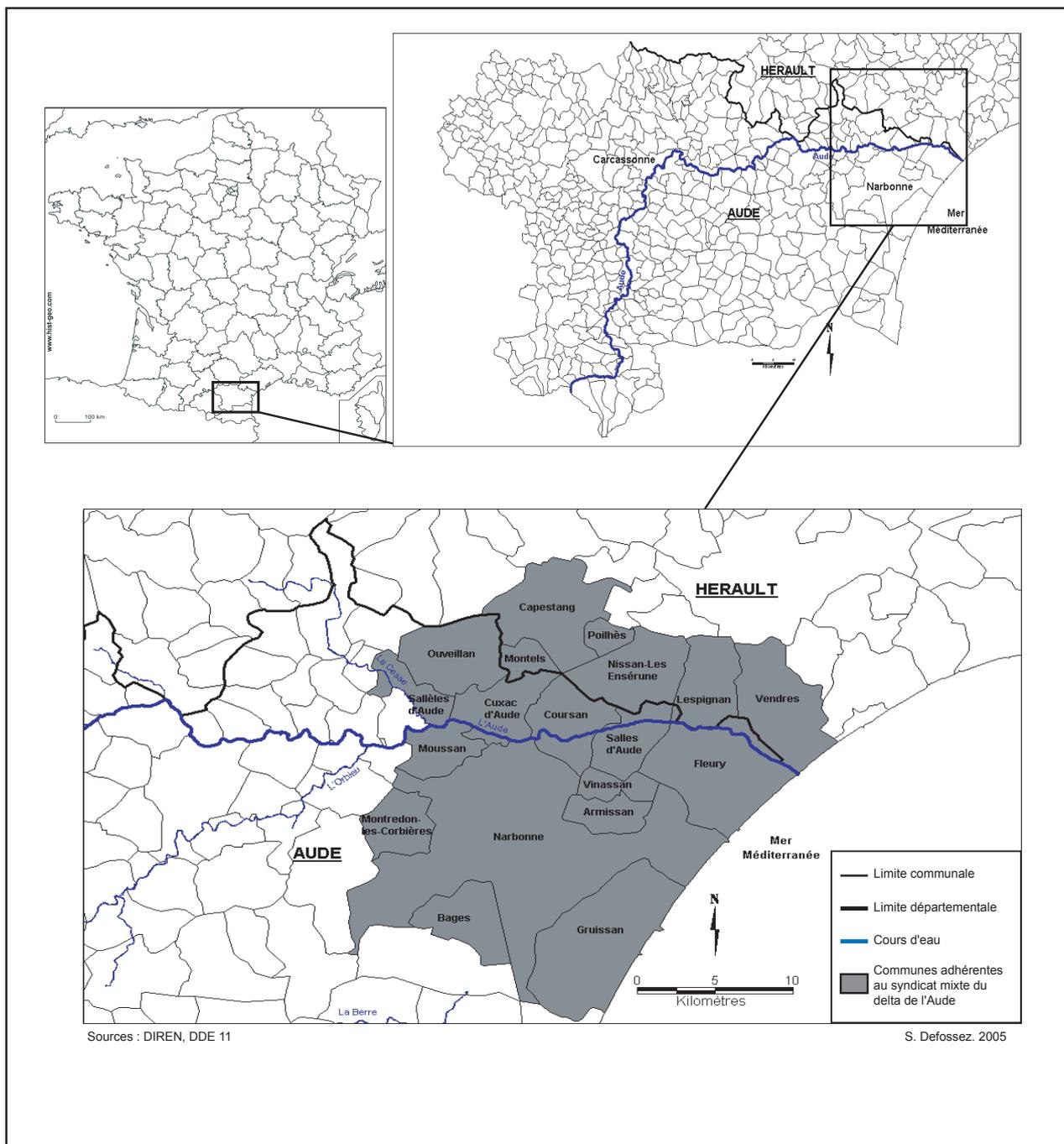


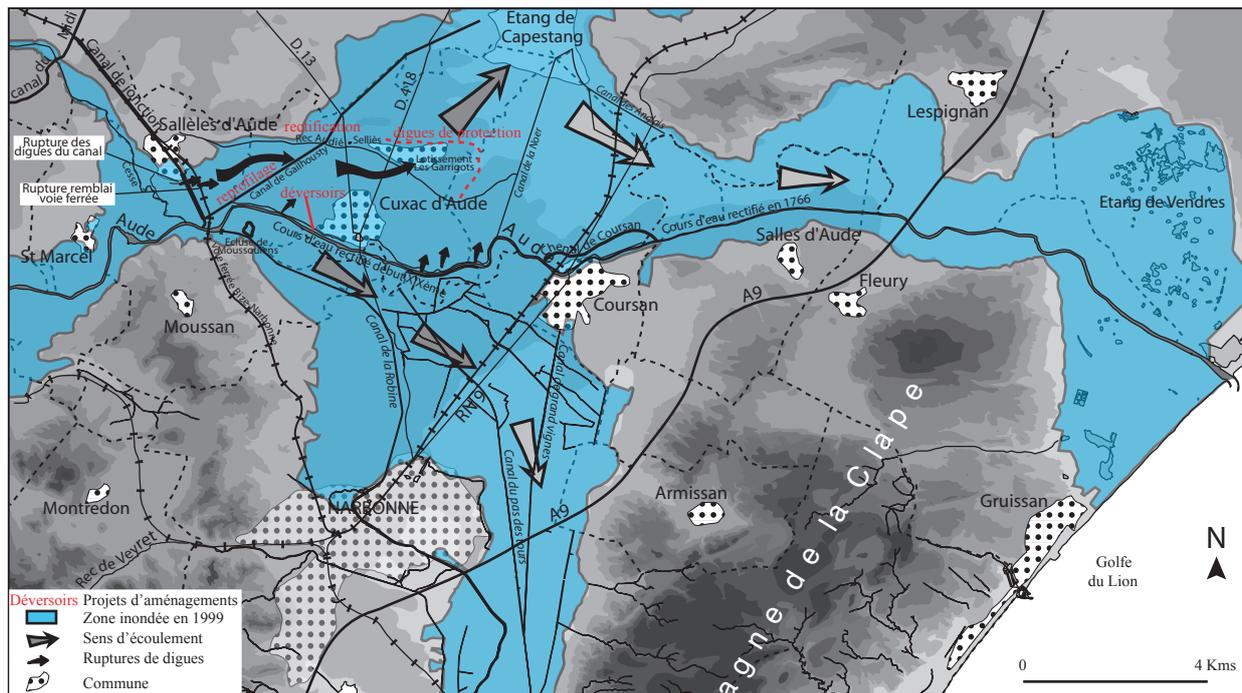
Fig. 13.1 Localisation du site d'étude

en plus fréquentes notamment après une catastrophe marquante ou dans les territoires présentant une culture du risque forte. L'objectif des pouvoirs publics est de généraliser ces mesures de protection qui peuvent se révéler d'une grande efficacité et qui tendraient à diminuer les vulnérabilités et les coûts des dommages. Agir sur l'existant en réduisant la vulnérabilité en ayant conscience du risque revient à s'adapter, à vivre avec le risque.

Dans la commune de Cuxac-d'Aude, la moitié des foyers sondés présentent des travaux de protection contre le risque. La majorité des travaux réalisés sont les vides sanitaires,

la création d'étage refuge ou encore le rehaussement du plancher au-dessus des plus hautes eaux connues, ce qui nécessite une connaissance de base de l'aléa (figure 13.3 p. 130). Les mesures sur le long terme prédominent et sont effectuées la plupart du temps au moment de la construction (60%). S'ensuivent les mesures postérieures à une inondation telles l'acquisition de matériel de nettoyage ou de matériaux résistants à l'eau relevant plus de mesures temporaires post-catastrophe.

Ces mesures sont prises pour réduire les dommages en prévision d'une nouvelle inondation (50%) et très peu pour



Extrait F. Vinet 2003, modifications S. Defossez, sce : AIBPA

Fig. 13.2 Les basses plaines de l'Aude : aléa et aménagement

répondre aux contraintes réglementaires, il s'agit surtout d'assurer sa protection individuelle et ainsi de diminuer les futurs dommages.

L'analyse des permis de construire confirme que le vécu de catastrophes fait émerger une recrudescence des mesures de protection individuelles. Les registres des permis de construire de Cuxac-d'Aude montrent une augmentation soudaine des demandes de surélévations ou de créations d'étage refuge après les inondations de novembre 1999. Ceci semble être la preuve d'une adaptation au risque, le phénomène ne s'étant pas étendu aux communes alentours moins touchées par les inondations de 1999.

Même si les mesures d'adaptation individuelles au risque semblent se généraliser, il apparaît primordial de développer la communication, l'information concernant des recommandations, voire des prescriptions obligatoires sur le type de mesures à prendre. En effet, de nombreux interrogés souhaiteraient être individuellement protégés mais ne sont pas informés sur la nature des travaux à réaliser. Dès lors ils apparaissent involontairement pénalisés. De plus, rappelons que ces zones ont été investies du fait des prix abordables des terrains. Le coût des travaux représente une contrainte de solvabilité à laquelle de nombreux occupants ne peuvent répondre.

### 13.3.2 Outils et acteurs d'aide à la décision

L'évolution des politiques de prévention amène de nouvelles méthodes dites « psychosociologiques ». Celles-ci préconisent l'acceptation et la conscience du risque pour aboutir, par exemple, à la mise en place de mesures d'adaptation et

participer ainsi directement à la réduction de la vulnérabilité. Cependant, la volonté des habitants souhaitant effectuer des travaux se heurte à des difficultés liées à l'absence de recommandations dans le type de mesures à prendre ou à des problèmes d'ordre financier. Pour pallier ces lacunes, des organismes comme le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) ou l'ANAH (Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) proposent des conseils ou des aides financières afin d'assurer une diminution des dommages ou de compenser une indemnisation trop faible. Le CSTB présente des actions à caractère informatif. Cet organisme publie des guides de conseils aux sinistrés comme le « Guide de remise en état des bâtiments » ou le « Guide de réduction de la vulnérabilité face au risque ». L'objectif réside dans la proposition de mesures d'adaptation ou de réhabilitation des habitations sinistrées ou exposées aux inondations entrant dans le champ d'action du particulier.

L'ANAH apporte un soutien financier aux sinistrés. L'agence subventionne des travaux en mettant en place, lors de situations exceptionnelles (inondation), des Projets d'Intérêt Généraux dont les fonds sont destinés à améliorer la sécurité, la salubrité des bâtiments. Les subventions représentent habituellement 25 % du montant des travaux mais peuvent être majorées dans les situations de réhabilitation urgente. Dans l'Hérault, lors des inondations de septembre 2002, la prime accordée était d'environ 2 500 euros par habitation sinistrée. Cette aide intervient après l'indemnisation des assurances et doit être utilisée pour les travaux de rénovation. Des entretiens avec la population de Cuxac-d'Aude nous ont montré que cette aide avait été utilisée pour la création

d'espace refuge ; cependant, il n'y a aucun suivi pour évaluer l'utilisation de ces fonds. Un élément déclencheur peut donc faire émerger une meilleure protection contre le risque, d'autant plus que les conseils prodigués sur les mesures à prendre semblent accessibles aux particuliers. Construire un étage ou utiliser des matériaux résistants à l'eau est techniquement à la portée de tous. Le développement de ces méthodes individuelles représente un intérêt certain dans la réduction des vulnérabilités.

### 13.4 Conclusion

La situation des basses plaines de l'Aude et des basses plaines méditerranéennes en général montre la nécessité de la prise en compte du risque dans l'occupation du sol. En effet, l'urbanisation anarchique dans les lits majeurs, a fait augmenter les enjeux (nombre d'habitations) et les vulnérabilités (mode d'habitat non adapté au risque) et a par conséquent accentué les dommages lors des crues dites exceptionnelles. Des prescriptions obligatoires ou des recommandations semblent indispensables à la réduction des vulnérabilités. Il faut donc une éducation, une conscientisation du risque mais qui ne doit pas seulement intervenir au niveau des citoyens mais aussi des acteurs institutionnels responsables des mesures de prévention. L'accent devrait être mis sur la concertation entre les politiques, les citoyens et les organismes spécialistes des travaux d'adaptation. La culture et la conscientisation du risque par l'en-

semble des acteurs du risque doivent participer à une réduction efficace de la vulnérabilité dans les zones inondables.

### 13.5 Références bibliographiques

- BOURRELIER P. H., DENEUFBOURG G, DE VANSAY B. (2000) — *Les catastrophes naturelles. Le grand cafouillage*. Éditions OEM Paris. 262 p.
- COUSTEAU E. (2004) — *Perception du risque d'inondation par les habitants de Cuxac-d'Aude*. Mémoire de maîtrise, Université Paul-Valéry. Montpellier. 134 p.
- HUET P. & MARTIN X. (2002) — *Retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme* — Rapport de l'IGE 3 tomes.
- LONGUÉPÉE J. (2003) — *Les dynamiques territoriales à l'épreuve des risques naturels. L'exemple du risque d'inondation en basse vallée de la Canche* — Thèse de doctorat en sciences économiques. Dunkerque. 414 p.
- MEDD (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable) (2000). — *Les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn*. Sous la direction de Claude Lefrou, Rapport au Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 99 p. + annexes.
- POTTIER N. (1998) — *L'utilisation des outils juridiques de prévention du risque d'inondation : évaluation des effets*

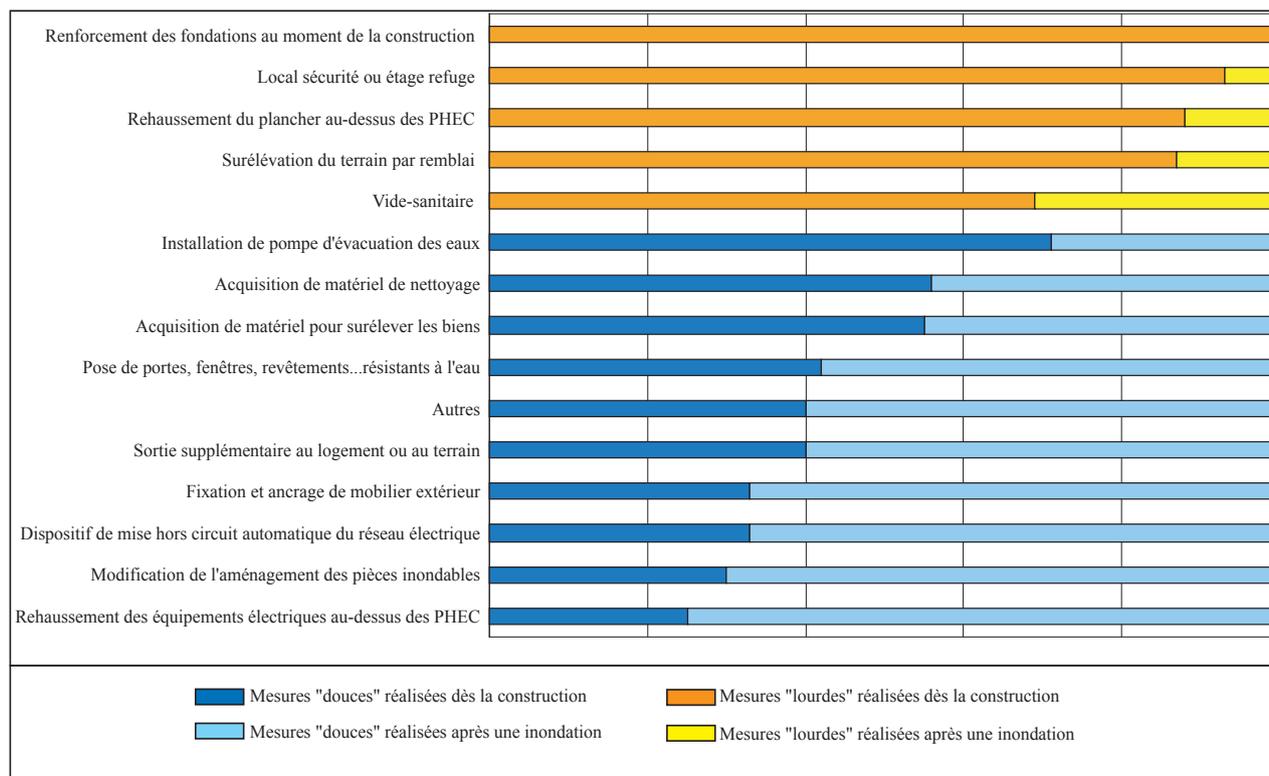


Fig. 13.3 Les mesures de protection individuelles

- sur l'homme et l'occupation du sol dans les plaines alluviales (application à la Saône et à la Marne)* — Thèse de doctorat de Sciences et Techniques de l'Environnement de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1 vol., 436 p. + annexes.
- POTTIER N., HUBERT G., RELIANT C. (2003). — *Quelle efficacité de la prévention réglementaire dans les zones inondables ?* — Annales des Ponts et Chaussées n° 105, pp. 14-23.
- RODE S. (2001) — *Des inondations et des hommes. Représentation et gestion territoriale du risque d'inondation dans trois communes du Val de Loire* — 2001-14. Collection mémoires et documents de l'UMR PRODIG. Paris. 141 p.
- SCARWELL H.-J. & LECLERQ E. (2004) — *De l'enquête au terrain : les représentations du risque d'inondation comme relation en tension* — in Contraintes environnementales et gouvernance des territoires. Éd. l'Aube Nord. pp. 426-434.
- VINET F. (2003). — *Crues et inondations dans la France méditerranéenne. Les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales et Hérault)*. Éditions du temps, Nantes, 224 p.



## 14 La réduction de la vulnérabilité de l'existant face aux menaces naturelles. Nécessaires synergies entre systèmes d'indemnisations et stratégies de mitigation

Roland NUSSBAUM\* et Jérôme CHEMITTE\*\*

\*Président du groupe de travail Événements naturels du Comité européen des assurances (CEA) et directeur de la mission Risques naturels (MRN)

roland.nussbaum@mrn.gpsa.fr

\*\* Ingénieur d'études à la MRN et doctorant de l'École des mines de Paris, pôle cindyniques.

jerome.chemitte@mrn.gpsa.fr

**Résumé.** — Dans les sociétés développées, le service d'assurance répond à une demande forte de protection des patrimoines et des activités contre les conséquences économiques des dommages causés par les catastrophes naturelles. Parmi les qualités d'éthique sociale appréciées dans ce service pour une gouvernance de la gestion des risques, figure sa vocation à stimuler l'assuré dans une prise d'initiatives de réduction de la vulnérabilité.

Les différents outils de métrologie des dommages sont d'abord présentés comme contribuant aussi bien à la maïeutique qu'à la décision d'agir. Puis il est proposé d'appréhender les différents modes de financement de ces dommages existants et d'intégrer les contraintes d'assurabilité, pour préciser les composantes nécessaires à ces synergies entre systèmes d'indemnisation et mitigation. Enfin quelques situations de partenariat public privé (PPP) sont illustrées dans quelques domaines d'application.

**Mots-clés.** — catastrophes naturelles, économie, financement, assurance, mitigation, partenariats public-privé.

**Title.** — *Natural hazards mitigation for existing dwellings and activities : the necessary combinations between insurance compensation systems and mitigation strategies*

**Abstract.** — In developed societies, insurance services respond to an intensive demand for protection of assets and activities against economic consequences of losses caused by natural catastrophes. Among social ethics' qualities appreciated for risk management governance from these services, is their ability to stimulate the insured, in mitigation initiative decision taking.

Various tools of damage metering are first presented, as contributing both to risk awareness raising and improvement of decision making. Then the different existing loss financing sources are identified and insurability constraints

are integrated, in order to elaborate on the necessary components for synergistic effects between indemnification systems and mitigation. Some typical situations of public private partnerships (PPP) are finally illustrated.

**Key-words.** — natural catastrophes, economy, financing, insurance, mitigation, public private partnerships.

Ayant pour objectif d'apporter des réponses opérationnelles aux soucis de pérennité des acteurs économiques, le secteur de l'assurance partage avec les autres parties prenantes publiques et privées la préoccupation de réduction de la vulnérabilité de l'existant. À tous les niveaux d'agrégation géographique ou administrative, les systèmes d'indemnisation, lorsqu'ils existent, exercent des fonctions d'incitation économique et/ou contractuelle aux actions, individuelles et collectives, de mitigation.

La première partie introduit quelques outils de l'économie appliquée à la mesure des dommages causés par les catastrophes naturelles. Puis, de brefs panoramas des outils de financement des dommages et des systèmes d'indemnisation existants (§ 2), ainsi que des formes de partenariats public privé mobilisables (§ 3) sont dressés. L'article se termine par quelques pistes en faveur de synergies renforcées entre systèmes d'indemnisation et stratégies de mitigation.

### 14.1 Métrologie des dommages causés par les catastrophes naturelles

La question du « combien ça coûte ? » recouvre un aspect particulier de l'économie des catastrophes<sup>1</sup> qu'est leur **métrologie**. Si leur vocation utilitaire n'est plus à démontrer, on ne saurait trop insister sur le professionnalisme, que requiert la mise en œuvre de ces outils, auxquels on peut facilement faire dire n'importe quoi...

Pour la mesure du coût des dommages, deux approches se complètent :

- Au niveau microéconomique, les parties au contrat ont besoin d'**expertiser** les dommages causés aux personnes,

<sup>1</sup> On se limite ici aux outils mis en œuvre *ex post* par rapport à la surveillance de l'événement, mais la démonstration vaut aussi pour les outils de modélisation et de simulation, c'est-à-dire de quantification *ex ante*.

animaux, habitats, terroirs, objets ou activités sinistrés,

- Au niveau macroéconomique, il s'agit de **comptabiliser** les dommages cumulés pour un événement, un agrégat géographique (un bassin versant) ou temporel (les crues de l'année 1994) et une combinaison d'agrégats.

#### 14.1.1 L'expertise des dommages

Il s'agit d'une opération d'autant plus codifiée, qu'elle se situe dans le cadre d'une prestation périphérique à l'application de contrats d'assurance, mise en œuvre soit par expertise contradictoire, entre l'expert mandaté par la société d'assurance et celui de l'assuré ou, le plus souvent, par expertise unique. En matière de dommages aux biens, par exemple, la mission de l'expert consiste à établir un « état de pertes<sup>1</sup> » pour l'instruction du dossier de sinistre, qui permettra le versement par l'assureur de l'indemnité d'assurance, sous déduction éventuelle d'une franchise, selon les garanties acquises. A contrario, pour les dommages non assurés, cette prestation fait le plus souvent défaut sur le fond ou sur la forme, ce qui peut entraîner certains biais, lorsqu'il s'agit de cumuler à l'échelle de l'événement des informations non normées<sup>2</sup>...

#### 14.1.2 La comptabilité des catastrophes

Les principaux indicateurs sont les pertes humaines, les populations blessées ou déplacées, les dommages économiques, les dommages assurés et les pertes rapportées au PIB du pays.

Ce suivi du « quantum » de catastrophe commence dans l'accompagnement des besoins opérationnels de gestion de

<sup>1</sup> Plusieurs catégories de dommages sont distinguées :

- ▷ pertes matérielles directes sur :
    - contenant tel que : bâtiment (à usage d'habitation/industriel ou commercial), équipement collectif (établissement administratif, de secours, de soins, d'enseignement, lieu de culte, patrimoine architectural...), infrastructure (ex. ouvrage d'art, voirie), réseaux (eau, énergie, transport, télécommunications),
    - contenu tel que : équipement privé, centrale de génération/distribution d'utilités et réseaux, marchandises, objets d'art, patrimoine culturel, media, information, données,
    - récoltes ou bois sur pied,
  - ▷ pertes indirectes (pertes de loyers, frais de relogement, etc.) ;
  - ▷ pertes immatérielles (pertes pécuniaires, d'exploitation, etc.) ;
  - ▷ pertes non consécutives.
- exemples :
- pertes matérielles : marchandises en chambre froide, suite à interruption d'alimentation en électricité,
  - pertes immatérielles : chômage technique, suite à interruption de réseaux de transport (carence de fourniture amont).

<sup>2</sup> Un rapport intitulé : « Estimation des dégâts après grands événements » commandité par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, DPPR/SDPRM, EDATER, octobre 2001, avait pour objectif de « fournir un cadre méthodologique et pratique pour améliorer le travail des missions de retour d'expérience après de grandes catastrophes, sur le thème du recensement et de l'évaluation des dommages subis par les biens privés et publics et par les activités économiques ». Y apparaissent la confusion des pratiques visant à établir les demandes de financement public auprès des différents ministères, ainsi que les biais découlant de déclarations des parties directement intéressées (agriculteurs, sinistrés du commerce et de l'industrie).

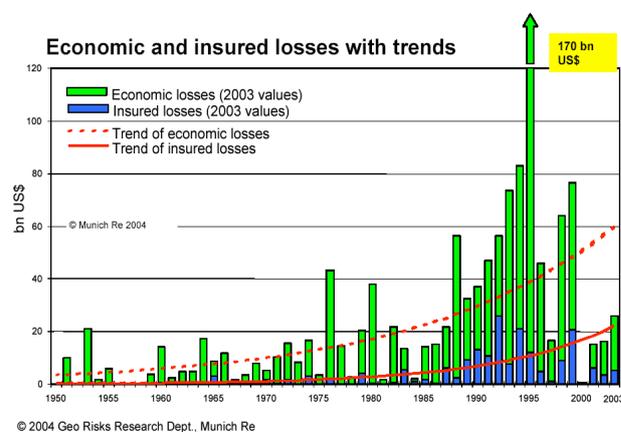


Fig. 14.1 Évolution des dommages dus aux catastrophes naturelles dans le monde (1950-2003)

crise, se poursuit dans celui de la gestion de post crise et dans les éventuels retours d'expérience, pour s'achever dans une forme de consolidation, au niveau de bases de données régionales ou mondiales.

Au niveau mondial, avec des différences non négligeables de seuils d'intégration dans la base (en nombre de victimes et/ou montant des dommages) :

- ▷ la base de données EM-DAT du Centre de Recherches sur l'épidémiologie des Catastrophes (CRED) de l'Université Catholique de Louvain, Belgique, est accréditée par les Nations Unies<sup>3</sup> et la Croix Rouge internationale,
- ▷ les bases de données des réassureurs Munich Re (MRCat-Nat Service) et Suisse Re (SIGMA) disposent des séries historiques sur les dommages économiques totaux et dommages assurés de grands sinistres.

Synthétisant les données collationnées par la Munich Ré depuis un demi siècle, la figure 14.1 p. 134 retrace l'évolution, à l'échelle mondiale, du montant cumulé des dommages économiques totaux et des dommages assurés, causés par des catastrophes naturelles. L'écart entre les deux courbes traduit notamment le fait que dans un certain nombre de pays, l'assurance est encore insuffisamment développée.

Pour les seules inondations, rapportées à l'ensemble des catastrophes naturelles :

- ▷ la Munich Re a chiffré pour l'année 2002, que les pertes économiques représentaient 27 milliards de sur 55, soit 50 % et les dommages assurés 5 sur 13 milliards de \$, soit 36 % ;
- ▷ EM-DAT a observé que, sur la période 1994-2003, les inondations représentent, en pourcentage rapporté à l'ensemble des catastrophes<sup>4</sup> :
  - ▷ En nombre : 32 % à l'échelle mondiale contre 40 % à l'échelle européenne,
  - ▷ En montant de pertes économiques enregistrées : 76 % à l'échelle européenne.

<sup>3</sup> Téléchargeables sur le site [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org)

<sup>4</sup> Toutes origines confondues : hydrométéorologique, géologique, biologique et technologique.

À l'échelle française, à l'exception des quelques événements majeurs qui ont donné lieu à enquête spécifique<sup>1</sup> on ne dispose pas de données sur les montants de dommages par événement et a fortiori par commune impactée par un même événement. Cette situation peut handicaper les acteurs publics dans leur prise en considération de la dimension économique des dommages du récent passé pour la décision en faveur de stratégies de réduction de la vulnérabilité<sup>2</sup>. Partant de l'information sur le montant des dommages indemnisés, les pouvoirs publics français appliquent un facteur empirique de l'ordre de un pour un, pour obtenir un premier chiffrage pertes au patrimoine public à prendre en charge sur budget public<sup>3</sup>. Le ministère de l'écologie et du développement durable a toutefois mis en chantier un outil de gestion de données sur les événements d'origine naturelle<sup>4</sup> qui viendrait utilement compléter les fonctions de retour d'expérience sur le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, dévolues à la Caisse Centrale de Réassurance (CCR)<sup>5</sup>.

La figure 14.2 montre la part annuelle dans les sinistres payés respectivement par chacun des deux régimes d'indemnisation :

- ▷ En bleu, le régime d'assurance de marché pour les garanties « TGN<sup>6</sup> »,
- ▷ En mauve, le régime d'assurance, avec intervention de

1 Cf. tableau p. 140.

2 Ce n'est pas le moindre des paradoxes, alors que nous avons l'un des systèmes d'indemnisation des dommages parmi les plus anciens au monde. On relèvera toutefois le caractère un peu dérisoire que constitue cette information rétrospective sur une aussi courte période d'observation, pour des événements à temps de retour inversement proportionnel à la gravité...

3 Soit un facteur deux entre dommages assurés et dommages économiques, un excellent ratio !

4 Projet GEDEON, qui serait à l'information de retour d'expérience sur les catastrophes naturelles de toute nature — on en dénombre environ 400 en moyenne par an en France métropolitaine et DOM — ce que le Bureau d'analyse des risques et des pollutions industrielles (BARPI) est aux risques industriels, avec une base de données à l'adresse [http://aria. environnement. gov. fr/](http://aria.environnement.gouv.fr/)

5 Site : [www.ccr.fr](http://www.ccr.fr)

6 Tempête — grêle — neige.

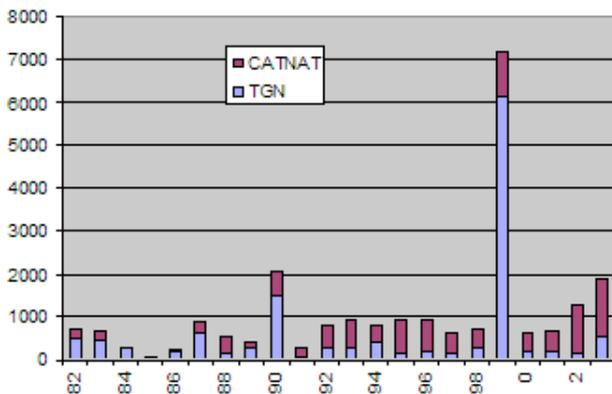


Fig. 14.2 Évolution des indemnités versées en France en millions d'Euros par régime d'indemnisation (CATNAT + T.G.N. : tempête, grêle, neige)

l'État sur un certain nombre de paramètres essentiels, pour la garantie « CATNAT ».

Les dommages assurés au titre des inondations représentent un peu plus de la moitié du montant total des indemnités versées au titre de ce régime, suivis de peu par ceux liés aux effets des épisodes de sécheresses géotechniques.

## 14.2 Financement des dommages causés par les catastrophes naturelles

En référence à la célèbre fable, des financements « cigale » peuvent être mobilisés après la catastrophe ou *ex post* avec les difficultés inhérentes à l'exercice, alors que les financements « fourmi » sont organisés par anticipation sur l'éventualité de catastrophe ou *ex ante*... Si la culture de prévoyance, qui a accompagné le développement économique de nos pays durant plus d'un siècle, a donné un avantage éthique aux seconds, de récents grands événements, au Nord comme au Sud, sembleraient laisser croire que le « financement cigale » se suffirait de relais médiatiques opportuns et d'ONG vecteurs pour transporter la générosité spontanée vers les sinistrés. Mais l'économie du développement n'a pas dit le fin mot de l'histoire...

Au titre des financements *ex post*, on inclut :

- ▷ des sources **publiques** telles que :
  - des ressources budgétaires exceptionnelles de l'État, levées par l'impôt ou par voie d'emprunts,
  - des financements internationaux, tels que les fonds structurels de l'Union européenne,
  - les prêts et cautionnements d'aide à la reconstruction aux États et collectivités, des institutions de financement international,
- ▷ des sources **privées** telles que :
  - toutes les formes de solidarités, que ce soit sous forme de dons ou d'aide en nature, mobilisés et mis en œuvre par les ONG, la Croix Rouge, etc.
  - les crédits bancaires, en dernier ressort...

Au titre des financements *ex ante*, on trouve également :

- ▷ des sources **publiques** :
  - État, telles que fonds d'indemnisation (en notant que le Fonds Barnier, s'il est éligible aux seuls assurés pour être financé par un prélèvement sur la surprime catnat, n'est pas un fonds d'indemnisation mais de subventionnement d'actions de prévention) ;
  - inter-États, tel que le fonds de solidarité de l'Union européenne, doté de 1 milliard d'euros par an pour la remise en état d'infrastructures de santé, éducation et de réseaux (dommages non assurables) ;
- ▷ des formes **privées** :
  - assurance et réassurance :
    - \* Marché : Allemagne, Autriche, Royaume-Uni ;
    - \* Pools de capacité et/ou de gestion de sinistre : Norvège ;
  - assurance et réassurance en partenariat public privé,

comme au Danemark, en Espagne, aux États-Unis, en France, en Nouvelle-Zélande (cf. § 3.2.2.) ;

- solutions de transfert alternatif de risques, par émission sur les marchés financiers, d'obligations catastrophes, peu développées.

La carte ci-après (figure 14.3) fournit une indication de la densité de pénétration des extensions de couverture « catastrophes naturelles » par marché national en Europe, en distinguant les trois formes : extension de couverture facultative en bleu, obligatoire en vert, sans objet en hachuré (cas particulier des Pays Bas pour le risque d'inondation). Plus la couleur est intense, plus la pénétration de cette extension de couverture est élevée. On observe qu'à l'exception du Royaume-Uni, les marchés à extension de couverture facultative sont faiblement pénétrés par cette garantie, que les assurés n'achètent pas (phénomène d'antisélection).

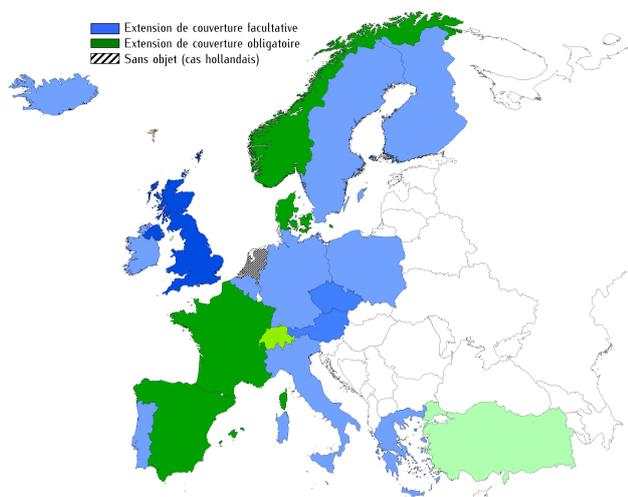


Fig. 14.3 Diffusion de la couverture « catastrophes naturelles » dans les dispositifs d'assurance des pays européens

## 14.3 L'assurabilité et les nécessaires partenariats public/privé

### 14.3.1 Assurabilité et dommages inassurables

Il n'est pas simple, notamment en matière de dommages causés par des événements naturels, de définir une frontière entre assurable et non assurable. Deux prismes permettent cependant d'éclairer utilement la question :

- ▷ L'approche « technique », au sens de spécifique au métier de l'analyse des risques et de l'assurance, qui consiste à ne retenir comme assurables que les événements aléatoires, modélisables et dont le prix de la couverture reste abordable ;
- ▷ La considération du statut juridique des objets ou activités garantis. Ainsi les patrimoines publics sont le plus souvent exclus du champ de l'assurance (ouvrant d'ailleurs pour certaines infrastructures la possibilité, dans certaines conditions, à financement partiel des dépenses de remise en état, par le fonds de solidarité européen).

Que les dommages soient reconnus assurables ne veut pas dire qu'ils sont pour autant toujours :

- ▷ **assurés**, que ce soit pour des raisons volontaires (liberté contractuelle et consentement à payer une telle prestation de service, foi en les solidarités qui s'improvisent en cas de crise...) ou involontaires (insolvabilité du preneur ou manque d'information sur l'existence ou l'utilité du service, notamment en raison du flou sur le comportement éventuel des pouvoirs publics dans la compensation des dommages aux patrimoines privés en cas de grande catastrophe),
- ▷ ou **suffisamment assurés** (cas notamment de pertes indirectes telles que les frais de relogement, pertes de jouissance pour les particuliers et de pertes d'exploitation et dommages non consécutifs pour les entreprises).

Plusieurs critères sont nécessaires pour qualifier et « stratifier » l'assurabilité<sup>1</sup> :

- ▷ la nature des périls, selon le caractère spatialisé<sup>2</sup> ou non par exemple,
- ▷ la fréquence des aléas et donc l'amplitude des dommages, les aléas les plus fréquents n'étant pas ceux de bonne efficacité économique et sociale de l'assurance<sup>3</sup> ;
- ▷ la nature et le degré de vulnérabilité des enjeux, prenant en considération, le cas échéant, la conformité à des normes de construction, la qualité de la gestion des risques, ainsi que le degré de dépendance à des matières premières, énergies ou à des clients uniques en garantie des pertes d'exploitation et/ou carences amont/aval, pour les enjeux professionnels ;
- ▷ le degré de mutualisation des risques, en fonction des cumuls d'expositions pour un marché donné.

### 14.3.2 Les composantes du partenariat public privé (PPP)

Le partage d'expériences accumulées entre marchés européens permet de discerner trois composantes essentielles pour lesquelles doivent être établis, au cas par cas, les dosages et conditions optimales d'interventions respectives du public et du privé :

- ▷ **Politique** : ce sont les principes, objectifs et politiques de gestion économique, sociale et financière, au regard de critères nationaux qui maximisent la pénétration de l'assurance tout en minimisant les exclusions,
- ▷ **Financière** : il s'agit de structurer des capacités de financement *ex ante* des risques, par régions, par pays et/ou éventuellement avec un périmètre de mutualisation plus large, à définir, jusqu'à celui de l'Union, le cas échéant,
- ▷ **Organisationnelle et technique**, notamment par l'orga-

<sup>1</sup> On parle bien ici à dessein d'assurabilité et non de tarification. À fortiori ces critères peuvent-ils être tarifaire dans le cas d'une offre d'assurance de marché.

<sup>2</sup> L'aléa tempête dépend moins de la localisation géographique que l'inondation, par exemple.

<sup>3</sup> D'où la nécessaire complémentarité avec les institutions territoriales de proximité telles que communes, EPCI, syndicats de bassin et EPTB, dont la stratégie de mitigation doit avoir pour premier objectif de réduire au maximum la sinistralité de fréquence (cf. § 4).

nisation de l'incitation économique, réglementaire et/ou normative à la prévention et de la gouvernance de gestion des risques.

Une analyse approfondie des expériences existantes de PPP montre que si la troisième composante semble la plus familière, elle ne suffit souvent pas.

Si, pour la composante financière, il est dans la logique même de l'économie de marché, pour le secteur privé de se passer ou de limiter au maximum l'intervention de l'État, le profil d'assurabilité des risques de nombreux pays et/ou les options politiques des États se traduisent effectivement par une intervention publique dans la composante financière, dans des formes de PPP originales. Alors, seule une étroite collaboration entre le gouvernement et le secteur de l'assurance a pu permettre de voir émerger une solution stable et durable.

#### 14.3.2.1 Composante politique

Elle est de **compétence interministérielle avec arbitrage au niveau du chef du gouvernement**. Même si elle met en jeu des principes du domaine de la souveraineté nationale et de l'intérêt général, le secteur de l'assurance peut apporter son assistance pour éclairer la décision gouvernementale dans la détermination :

- de **principes** : de liberté d'assurance des patrimoines et des activités, de solidarité entre assurés et de limitation de l'antisélection, d'équité de traitement des citoyens et des activités au regard des politiques publiques comme au regard des situations d'exclusion par le marché, de recherche d'une coordination internationale au niveau de l'Union,
- d'**objectifs** : en matière de seuils de prise en charge par l'État, des excédents de dommages cumulés, par catégories et par scénarios prospectifs, de développement programmé d'un système national d'indemnisation
- de **politiques** et de **moyens** : d'incitations fiscales à la réduction de la vulnérabilité des enjeux, d'aide sociale pour les insolubles, avec assurance prestataire de services de gestion des sinistres, pour le compte de l'État.

#### 14.3.2.2 Composante financière

Comme évoqué, cette composante peut se réguler naturellement par les forces du marché lorsque les conditions d'assurabilité sont réunies de manière satisfaisante. En revanche, elle requiert un PPP dans tous les autres cas, qui implique de **structurer les sources de financement ex ante** et de **prédéterminer leurs niveaux d'intervention respectifs**, en fonction des configurations par pays et associations de catégories de risques :

- ▷ **Auto-assurance**/franchise de l'assuré (particulier ou professionnel),
- ▷ **Franchise collective** susceptible d'être gérée au niveau d'une collectivité territoriale dédiée au bassin de risque, avec accompagnement juridique approprié pour la reconnaissance de la gestion contractuelle de certaines servitudes d'utilité publique liées aux stratégies de protection

mises en œuvre ;

- ▷ **Assurance de marché** (incluant la capacité de réassurance allouée au marché), avec accompagnement fiscal approprié quant à la constitution de provisions d'égalisation à niveau suffisant, par les sociétés d'assurance et de réassurance,
- ▷ Éventuelle capacité additionnelle ou flottante,
- ▷ Éventuelle garantie de l'État et/ou de l'Union, si nécessaire en complément à FSUE.

On reviendra en § 4 sur la franchise collective susceptible d'être gérée par la collectivité territoriale pertinente pour la planification urbaine, l'alerte, etc., en matière d'inondations notamment.

#### 14.3.2.3 Composante organisationnelle et technique : de l'incitation économique à la gouvernance de gestion des risques

D'une **compétence variable, selon les pays, entre ministères en charge de la sécurité civile et en charge de l'environnement**, cette composante doit impérativement faire l'objet d'une coordination entre ces derniers et le ministère de tutelle du secteur des assurances, pour :

- expliciter, par voie réglementaire si nécessaire, en fonction du profil d'assurabilité de certains risques sur le pays, les liens entre conditions de l'assurance et :
  - degré d'exposition (prise en compte de l'urbanisme),
  - degré de vulnérabilité (conformité à des prescriptions techniques et de construction),
- responsabiliser les échelons territoriaux dans la mise en œuvre des dispositifs juridiques et économiques adaptés à la gestion des risques de fréquence,
- organiser le partage de l'information sur les aléas et la vulnérabilité par bassins de risques, ce qui implique notamment pour de faciliter l'accès aux sources d'information d'origine publique (données physiques et de zonage de l'aléa par scénario).

## 14.4 Ingénierie d'assurance et mitigation

L'assureur peut certes jouer au cas par cas un rôle complémentaire à celui des pouvoirs publics dans la prescription de dispositifs techniques de mitigation. Mais le caractère privé de la relation assureur-assuré et l'importance relative des sommes en jeu rendent cette possibilité plus significative en grands risques industriels, au cas par cas, qu'en assurance de masse<sup>1</sup>.

À côté de cette interaction de premier degré, les géographes seront davantage intéressés par deux autres interactions entre assurance et stratégie de mitigation à fort potentiel :

<sup>1</sup> Voir notamment le « Memento pratique du particulier » sur [www.mrn-gpsa.org](http://www.mrn-gpsa.org) et les nombreux guides de l'Association of British Insurers, tels que notamment « Safe as Houses? flood risk and sustainable communities » ou Modern methods of Construction — Insurance Considerations sur [www.abi.org.uk](http://www.abi.org.uk).

l'utilisation de l'information géographique et la contractualisation de la mitigation.

#### 14.4.1 Utilisation de l'information géographique sur les aléas, les enjeux et la vulnérabilité

S'il y avait, pour l'ensemble des bassins, accès à des cartes numériques des enveloppes de zones inondées (démarche rétrospective) tout comme des scénarios (démarche prospective), les assureurs pourraient effectivement contribuer à une meilleure connaissance des dommages historiques comme des dommages potentiels, et servir de catalyseurs aux décisions.

C'est d'ailleurs sur ce thème de l'information nécessaire à des actions concrètes de gestion du risque :

- que l'Association française des catastrophes naturelles (AFPCN) et l'Association française de l'information géographique (AFIGEO) ont conjointement édité cette année un Livre blanc<sup>1</sup>, au terme d'un processus de trois années de consultations associant l'ensemble des parties intéressées publiques et privées ;
- que la Commission européenne a présenté une communication<sup>2</sup> et s'achemine, en concertation avec un groupe réunissant experts des États membres et représentants des autres parties prenantes (ONG, secteurs professionnels concernés), vers une proposition de directive en aval de la directive cadre sur la gestion des ressources en eau, qui avait totalement ignoré la dimension inondation. En lumière figure la cartographie informative des inondations, avec l'objectif de prévoir au moins trois scénarios d'occurrence de crue : fréquente, peu fréquente, exceptionnelle... objectif a priori très « éducatif », du point de vue des assureurs ;
- que le Comité Européen des Assurances (CEA) vient d'adopter un rapport sur ce thème résultant de trois années de partage d'expériences entre marchés nationaux d'assurances<sup>3</sup> (voir l'exemple d'application en France illustré en annexe).

#### 14.4.2 Contractualisation de la mitigation des risques d'inondation à fréquence

Les établissements publics territoriaux de bassin (EPTB), consacrés par la loi du 30 juillet 2003, sont des maîtres d'ouvrage délégués des communes, départements et régions, pour la réduction de la vulnérabilité des territoires aux inondations, la contractualisation de l'indemnisation des servitudes de sur-inondation et la prise en compte des solidarités

amont-aval entre espaces ruraux et espaces urbains sur les risques à fréquence.

En se projetant à quelques années, pour ne pas dire quelques législatures, de là, l'on pourrait imaginer que les préfets, le président de la Caisse Centrale de Réassurance voire les assureurs, comme le prévoit la loi<sup>4</sup>, saisissent le Bureau Central de Tarification (BCT). Celui-ci fixerait les majorations de franchise autorisées sur les biens considérés en risque aggravé, c'est-à-dire ceux situés en zone rouge ou éventuellement bleue du PPR. Les établissements publics exerceraient alors plus complètement leur fonction de gestionnaires de la mitigation. Ils mettraient notamment en œuvre des compétences foncières et financières, par exemple d'achat amiable avant ou après sinistre, abondé le cas échéant, par le Fonds Barnier, de gestion contractuelle d'indemnisations pour servitudes de sur-inondation et d'autres éventuelles compensations, accordées par la collectivité, en raison de préjudices, causés par la mise en œuvre de ces stratégies collectives de mitigation.

Sans entrer ici dans des spéculations sur l'amélioration nécessaire des systèmes d'indemnisation des catastrophes naturelles dans des pays européens parmi les plus exposés, ni a fortiori dans d'autres parties du monde, on peut donc raisonnablement penser que ce nécessaire PPP soit amené à s'affiner, envers et contre les résistances de toute nature.

Ainsi, pour ne prendre que cet exemple emblématique, les établissements publics territoriaux, communautés de communes ou d'agglomérations deviendront-ils probablement à leurs territoires ce que les gestionnaires de risques sont aux groupes industriels et commerciaux, en assumant la gestion directe des dommages les plus fréquents : des « captives » ou mutuelles d'assurance particulièrement efficaces. C'est ce qu'on peut souhaiter de meilleur pour la résolution de ce problème de développement durable pour notre société.

## 14.5 Bibliographie

BENFIELD Greig (2003) Flood risk & insurance in England & Wales : are there lessons to be learned from Scotland ? Hazard Research Centre.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)<sup>5</sup> (2000) — Critères pour la détermination et la représentation de cartes mettant en évidence les aléas d'inondation et les risques de dommages.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)<sup>6</sup> (2002) — Prévention du risque de dommages liés aux inondations : mesures générales et leur efficacité.

<sup>1</sup> Livre Blanc : « s'informer pour mieux prévenir le risque », 2005. Disponible auprès de AFPCN s/c ENGREF 19 avenue du Maine, 75015 PARIS mail : [afpcn@engref.fr](mailto:afpcn@engref.fr)

<sup>2</sup> Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, etc., du 12 juillet 2004 — COM (2004) 472 — sur la **gestion des risques liés aux inondations : prévention, protection et mitigation des inondations**.

<sup>3</sup> Rapport « partage d'expériences entre marchés européens de l'assurance sur la cartographie et le zonage des risques d'inondations » téléchargeable sur [www.cea.assur.org](http://www.cea.assur.org)

<sup>4</sup> Article L 125-6 du code des assurances et ses décrets et arrêtés d'application sur le BCT

<sup>5</sup> Documents téléchargeables sur le site [www.iksr.org](http://www.iksr.org)

<sup>6</sup> Documents téléchargeables sur le site [www.iksr.org](http://www.iksr.org)

Conseil de l'Union européenne (2000) — Water Directors of the E.U. : « Best practice document on flood prevention » (draft may 2003), updating the UN/ECE Guidelines on Sustainable flood prevention.

Établissements cantonaux d'assurance (2001) — Manifeste pour la prévention des dommages éléments naturels. Suisse.

Munich Re, Knowledge series (2004) — Sustainable risk management with geographical underwriting, in Megacities — Megarisks.

NUSSBAUM Roland (2000) — Pour une géographie économique des risques naturels, in Géocarrefour, vol. 75/3.

## Annexe 1 : La mission Risques naturels et ses missions

La **Mission des sociétés d'assurance pour la connaissance et la prévention des risques naturels** (en abrégé : **Mission Risques naturels** ou **MRN**) est une association créée en 2000 entre la Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) et le Groupement des entreprises mutuelles d'assurances (GEMA), suite à une décennie de dommages causés par des événements naturels, qui a culminé en 1999. Son objectif est de promouvoir la connaissance des risques naturels et leur prévention, en tant que contribution du secteur de l'assurance aux politiques de gestion des risques. Ses trois collaborateurs, avec le concours de groupes de travail composés de représentants des sociétés d'assurance et, le cas échéant, de partenaires publics, élaborent et diffusent :

- des méthodes et outils de **connaissance des aléas et de la vulnérabilité**, à commencer par le développement de l'accès à l'information géographique numérique sur les aléas naturels, en provenance des pouvoirs publics et de son utilisation par la profession des assurances ;
- des supports de sensibilisation des assurés à la **prévention**, par type d'aléa, etc. ;
- des brochures et outils de communication pour l'**information des assurés sur le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles et les liens entre assurance et prévention**, en s'appuyant sur un réseau de correspondants départementaux, qui peuvent apporter leur concours aux services de l'État et aux communes, dans leurs obligations nouvelles d'information des administrés sur les liens entre information et prévention, découlant de la loi du 30 juillet 2003.

Son équipe assume en outre des fonctions d'intérêt général de représentation technique de la profession tant vis-à-vis des administrations nationales et territoriales, en étant par exemple associée aux instances de pilotage de projets, que de la société civile, en participant notamment aux travaux d'associations telles que l'AFIGÉO l'AFPCN, etc. Son directeur anime le groupe de travail « événements naturels » du Comité européen des assurances (CEA),

Le site portail internet : [www.mrn-gpsa.org](http://www.mrn-gpsa.org) et la **Lettre d'information de la MRN** constituent l'infrastructure de liaison avec les sociétés d'assurance et les partenaires.

NUSSBAUM Roland (2002) — La place des assurances dans la gestion des risques naturels, in Risques naturels et aménagement en Europe, sous la Direction d'Yvette Veyret, Éd. Armand Colin.

O.E.C.D. (2002) — Flood insurance DAFPE/AS/WD 29.

République Française — Ministère de l'Écologie et du Développement Durable — Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques — : Les événements naturels dommageables en France et dans le monde en 2002 (resp. 2003) — retour d'expérience.

Swiss Re, 2003 — Natural catastrophes and man-made disasters in 2002 : high flood loss burden Sigma 2/2003.

## Annexe 2 : Une méthode de reconstitution du montant des dommages par bassin versant

Cette méthode a pour origine une volonté de pallier l'absence de chroniques historiques des montants d'indemnités versées par événement inondation, pour répondre aux demandes émanant tant des services de l'État, que des EPTB et autres collectivités territoriales. Les sociétés et mutuelles d'assurance n'ayant pas conservé d'informations sur ces événements, il s'agit de produire une information par une méthode que l'on qualifiera de « synthétique », par opposition à des méthodes analytiques, qui auraient procédé par agrégation des données sur les sinistres.

Pour simplifier, il est nécessaire d'associer chaque commune à un seul bassin versant.

Un système d'information géographique permet alors de déterminer le nombre de logements situés dans l'enveloppe de crue du bassin, auquel est appliqué le coût moyen des dommages causés par les inondations aux particuliers, pour obtenir le montant de l'indemnité versée pour le bassin ou le secteur administratif étudié.

Le tableau 14.1 et la figure ci-dessous illustrent les résultats obtenus dans la détermination du coût des inondations selon trois scénarios d'occurrence pour le bassin du Tarn et de l'Aveyron sur le secteur de Castres (sources : id + produit Géofla de l'IGN)

## Annexe 3 : Exemple de représentation cartographique de l'aléa

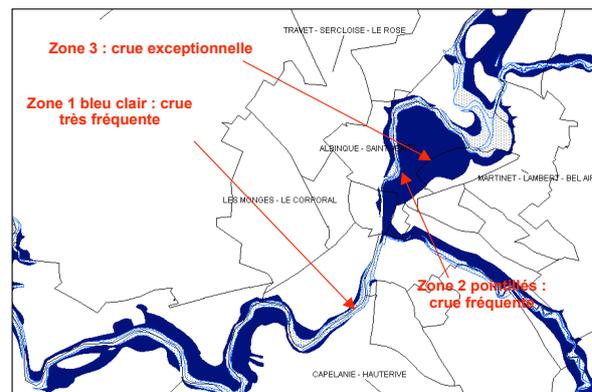


Tableau 14.1 Tableau de résultats en terme de nombre de logements touchés et de montant estimé des dommages, par scénario, pour tout le bassin versant étudié (sources : id+thème habitat de la BD IRIS de l'INSEE + données mises à disposition par la FFSA)

Zone	Scénario crue	Nbre logts sinistrés	% logts bassin	coût moyen associé	Estimation des dommages
1	Très fréquente	420	0,1 %	2,5-5 k€	1-2 M €
2	Fréquente	9 222	3%	10-20 k€ *	90-180 M €
3	Exceptionnelle	27 962	8 %	50-100 k€ *	1 400-2 800 M €

#### Annexe 4 : Comité européen des assurances (CEA)

Le **Comité européen des assurances (CEA)** est la fédération européenne des associations nationales d'assurance (site : [www.cea.assur.org](http://www.cea.assur.org)). Sa mission est de résoudre les problèmes stratégiques communs à tous les assureurs européens, en commençant par le cadre réglementaire. À ce titre, il représente les marchés de l'assurance européenne auprès des institutions européennes et internationales (OCDE). Son groupe de travail « Événements naturels » réunit des représentants du marché de l'assurance de la plupart des pays membres de l'Union, ainsi que de certains pays candidats à l'accession. L'objet est d'échanger et mettre en commun de l'information sur les pratiques d'assurance et de prévention

dans chaque marché, sur les couvertures offertes, la réassurance et les règles de provisionnement technique, mais aussi la cartographie et le zonage du risque, la gestion des sinistres catastrophiques...

Les services de la Commission européenne entreprenant actuellement une étude approfondie des systèmes nationaux de réparation des dommages, la volonté du CEA est de mettre son expérience et sa représentativité des marchés nationaux d'assurance à leur disposition et à celle des États membres, à travers les associations nationales, pour contribuer à expliciter les spécificités de chaque système de couverture dans la recherche de réponses à ces questions de société.

## Collection « Géorisques »

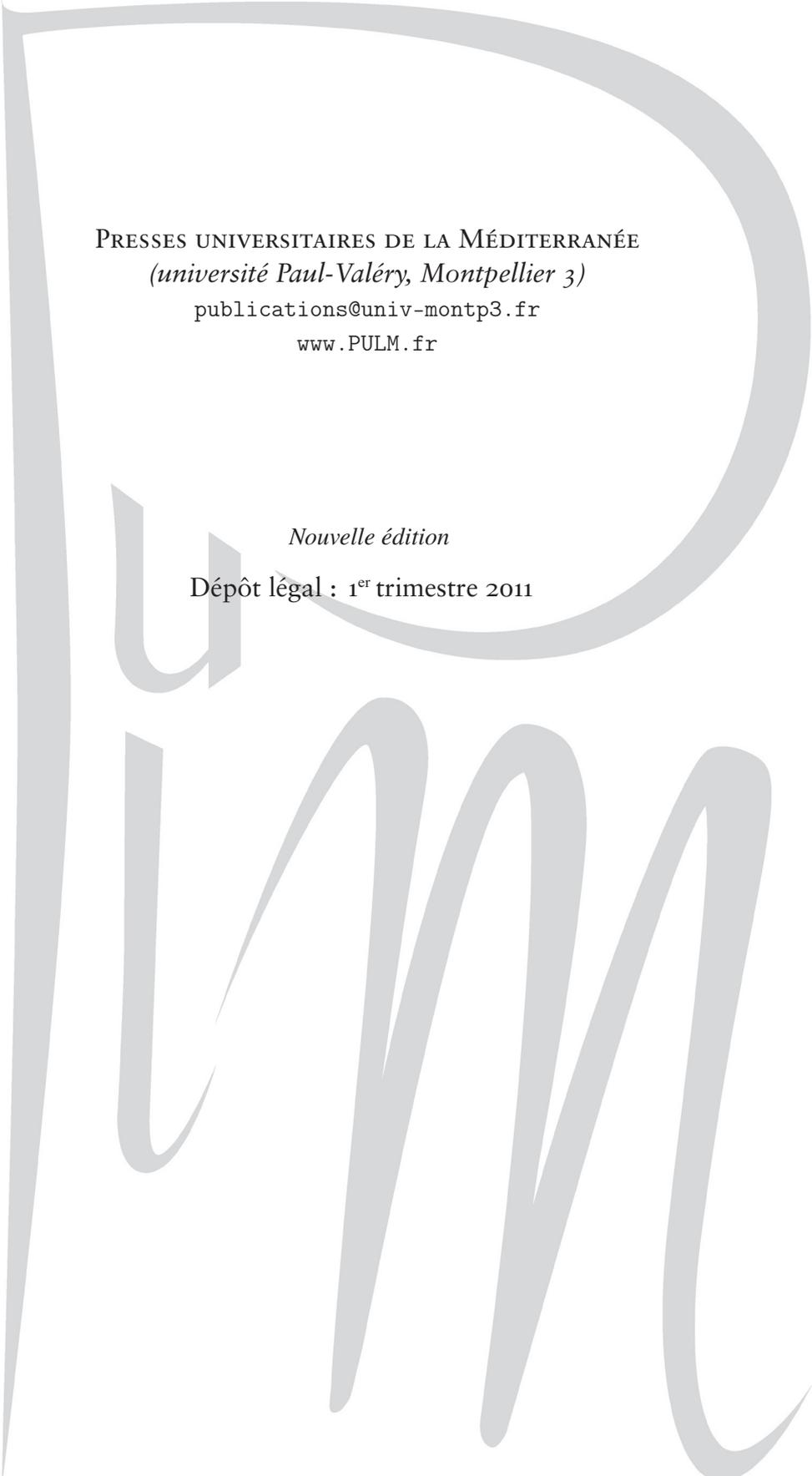
### Titres parus dans la même collection

*Quelles archives aujourd'hui pour mieux gérer les risques demain? Approches géographiques et historiques*, sous la direction de Nancy MESCHINET DE RICHEMOND, 2010.

*La mise en carte des risques naturels. Diversité des approches*, sous la direction de Frédéric LÉONE et Freddy VINET, 2008.

*La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques*, sous la direction de Frédéric LÉONE et Freddy VINET, 2006.





PRESSES UNIVERSITAIRES DE LA MÉDITERRANÉE  
*(université Paul-Valéry, Montpellier 3)*  
publications@univ-montp3.fr  
www.PULM.fr

*Nouvelle édition*

Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 2011

