



**HAL**  
open science

# Contribution de l'information géographique aux métiers de l'assurance pour la gestion des événements d'ampleur

Arnaud Donguy

## ► To cite this version:

Arnaud Donguy. Contribution de l'information géographique aux métiers de l'assurance pour la gestion des événements d'ampleur. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2012. Français. NNT : 2012ENMP0020 . tel-00741931v1

**HAL Id: tel-00741931**

**<https://pastel.hal.science/tel-00741931v1>**

Submitted on 15 Oct 2012 (v1), last revised 30 Jun 2022 (v2)

**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.

Ecole doctorale n°432 : Sciences et Métiers de l'Ingénieur

## Doctorat ParisTech

# THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

**l'École nationale supérieure des mines de Paris**

**Spécialité "Sciences et Génie des Activités à Risques "**

*présentée et soutenue publiquement par*

**Arnaud DONGUY**

Le 30 mai 2012

## **Contribution de l'information géographique aux métiers de l'assurance pour la gestion des événements d'ampleur**

Directeur de thèse : **Aldo Napoli**

### **Jury**

**M. Franck GUARNIERI**  
**M. Pierre CARREGA**  
**M. Freddy VINET**  
**M. Vincent KUSNIK**  
**M. Aldo NAPOLI**

Maître de Recherche, Mines ParisTech  
Professeur, Université de Nice  
Professeur, Université Montpellier III  
Actuaire, AXA  
Chargé de Recherche, Mines ParisTech

Président  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur

**T  
H  
È  
S  
E**

---

---

## *Remerciements*

Mes premiers remerciements s'adressent à mes codirecteurs de recherche, Messieurs Aldo Napoli et Vincent Kusnik.

La rédaction de ce manuscrit me donne l'occasion d'exprimer toute la reconnaissance que je porte à Aldo pour la confiance qu'il m'a accordée et le temps qu'il m'a laissé à mes débuts, ainsi que pour sa générosité intellectuelle, et la qualité de ses conseils. C'est aussi l'opportunité de témoigner à Vincent toute ma gratitude pour ses conseils, sa patience et la sincérité de ses remarques tout au long de cette aventure.

Je tiens à remercier Messieurs les Professeurs Pierre Carréga et Freddy Vinet pour avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse et à remercier Monsieur Franck Guarnieri pour l'honneur qu'il m'accorde par sa présence dans le jury. Je suis sincèrement flatté de l'intérêt que vous portez à ce travail.

Je souhaite mentionner le plaisir que j'ai eu à travailler (et que, de surcroît, je conserve aujourd'hui) avec les collaborateurs de la Direction de Marché d'AXA. Votre expertise de l'assurance m'a été plus que profitable et l'ambiance de travail que vous avez su créer m'a permis de souffler et de prendre un peu de recul dans les moments délicats.

Enfin je ne peux que regretter l'absence de personnes qui, parties relever d'autres challenges, ne peuvent se joindre à nous. A ce titre, je salue Monsieur Christophe Delcamp.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe du CRC des Mines de Paris situé à Sophia-Antipolis pour d'une part, les fructueux travaux que nous avons pu réaliser ensemble et d'autre part, pour les riches échanges que nous avons pu avoir sur les cindyniques puis les risques et les crises...

Comment oublier mes premiers pas au labo ? Je n'ose me retourner peut-être par peur du vertige ! Quoiqu'il en soit ce travail marque l'aboutissement d'une aventure commencée il y a maintenant plus de 6 ans. Mes séjours sporadiques parmi vous vont me manquer. J'espère avoir la chance d'y repasser de temps à autres.

Enfin, je réserve mes plus intenses pensées à mes proches parents, grands-parents et amis qui eux n'ont jamais douté, avec tout le Bien que cela a pu m'apporter.



---

## GLOSSAIRE

**ACPS** : Artisans, Commerçants, Prestataires de Services  
**AEP** : sinistralité annuelle attendue  
**AN** : Affaires Nouvelles  
**APREF** : Association des Professionnels de la Réassurance en France  
**AZI** : Atlas des Zones Inondables  
**BCT** : Bureau Central de Tarification  
**BRGM** : Bureau de Recherches Géologique et Minières  
**CCR** : Caisse Centrale de Réassurance  
**CECAPP** : Comité Européen des Contrôleurs de l'Assurance et des Pensions Professionnelles  
**CNIL** : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés  
**CDHABIT** : Code Habitation  
**CDQUALO** : Code Qualité d'Occupation  
**CDQUALP** : Code Qualité de Propriétaire  
**CDRESID** : Code de résidence  
**CLC** : Corine Land Cover  
**CRESTA** : Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations  
**CRC** : Centre de recherche sur les Risques et les Crises  
**DAB** : Dommage aux Biens  
**DAB NA** : Dommage aux biens Non Auto  
**DCS** : Dossier Communal de Synthèse,  
**DDRM** : Direction Départementale des Risques Majeur,  
**DEFRA** : Department for Environment, Food and Rural Affairs)  
**DICRIM** : Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeures  
**DIPCN** : Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles  
**DIREN** : Direction Régionale de l'ENvironnement  
**EA** : Environment Agency  
**EIOPA** : European Insurance and Occupational Pension Authority  
**Fac** : Facultative  
**FEMA** : Federal Emergency Management Agency  
**FHRC** : Flood Hazard Research Center  
**FFSA** : Fédération Française des Sociétés d'Assurance  
**GAREAT** : Gestion de l'Assurance et de la Réassurance des risques Attentats et actes de Terrorisme  
**GEMA** : Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurances  
**IARD** : Incendies et Autres Risques Divers  
**ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement  
**IFRS** : International Financial Reporting Standards  
**IGF** : Inspection Générale des Finances  
**IMM** : Immeuble  
**INSEE** : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques  
**MCR** : Minimum de Capital Requis  
**MEEDDM** : ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie  
**MEDTL** : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement  
**MRH** : Multi Risque Habitation  
**MRN** : Mission Risques Naturels

---

**MRP** : Multi Risque Professionnel  
**MNT** : Modèles Numériques de Terrain  
**MLG** : Modèle Linéaire Généralisé  
**MNE** : Modèle Numérique d'Élévation  
**MRE** : Multi Risque Entreprise  
**MTCAPAS** : Montant des Capitaux Assurés  
**NFIP** : National Flood Insurance Program  
**OEMA** : Observatoire de l'Évolution des Métiers de l'Assurance  
**OEP** : sinistralité par événement  
**OECD** : Organisation for Economic Co-operation and Development  
**PGEA** : Plan de Gestion des Évènements d'Ampleur  
**PHEC** : Plus Hautes Eaux Connues  
**PM** : Propriétaire de Maisons  
**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'environnement  
**PPRI** : Plan de Prévention du Risque Inondation  
**PPRL** : Plans de Préventions des Risques Naturels Littoraux  
**PPRN** : Plans de Prévention des Risques Naturels  
**PPRT** : Plans de Prévention des Risques Technologiques  
**QIS** : Quantitive Impact Study  
**RDC** : Rez-de-chaussée  
**RGE** : Référentiel à Grande Echelle  
**RI** : Risque Industriel  
**RMS** : Risk Management Solutions  
**SCR** : Capital de Solvabilité Requis  
**SIG** : Système d'Information Géographique  
**SL** : Stop Loss  
**SMP** : Sinistre Maximum Possible  
**SOLAP** : Spatial On-Line Transaction Processing  
**SRTM** : Shuttle Radar Topography Mission  
**STEC** : Short Term Economic Capital  
**TGN** : Tempête, Grêle et Neige  
**TNT** : TriNitoToluène  
**TRE** : Traité des Risques d'Entreprises  
**TRC** : Tous Risque Chantier  
**USACE** : United States Corps of Engineers  
**USGS** : United States Geological Survey

---

# Table des Matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>12 -</b>
DE L'OCCURENCE DES CATASTROPHES.....	14 -
AU NIVEAU DU DEVELOPPEMENT DES OUTILS DEDIES A L' APPREHENSION DE CES RISQUES-	17 -
A L' ETAT DES PRATIQUES ACTUELLES DANS LES METIERS DE L' ASSURANCE.....	18 -
A L' IDEE DE LA THESE .....	20 -
POSITION DE RECHERCHE .....	22 -
STRUCTURE DU MANUSCRIT .....	26 -
<b>PARTIE 1 : CONTEXTES INDUSTRIEL ET THEORIQUE</b> .....	<b>29 -</b>
<b>CHAPITRE 1 : DU POINT DE VUE DE L'ASSUREUR</b> .....	<b>30 -</b>
1.1. L' ASSURANCE DOMMAGE EN FRANCE ET SES EVOLUTIONS LATENTES.....	30 -
1.1.1. <i>Rapide panorama des métiers de l'assurance</i> .....	30 -
1.1.2. <i>Statistiques des marchés IARD des risques de particuliers et d'entreprises</i> .-	34 -
1.1.3. <i>Les tendances futures du marché des catastrophes naturelles</i> .....	39 -
1.1.4. <i>Synthèse de la Directive Solvabilité II</i> .....	47 -
1.2. LE SECTEUR DE LA REASSURANCE .....	54 -
1.2.1. <i>Rôle et place du secteur de la réassurance</i> .....	54 -
1.2.2. <i>Un secteur en mutation</i> .....	56 -
1.3. LE FINANCEMENT DES RISQUES CATASTROPHES .....	57 -
1.3.1. <i>Méthodes employées pour l'estimation des risques</i> .....	57 -
1.3.2. <i>La modélisation statistique en réassurance</i> .....	60 -
1.3.3. <i>Les modèles proposés sur le marché</i> .....	62 -
1.4. ZOOM SUR LA GESTION D'UN EVENEMENT D'AMPLEUR .....	67 -
1.4.1. <i>Un processus cyclique</i> .....	67 -
1.4.2. <i>La gestion de ces événements : un défi de taille</i> .....	69 -
1.4.3. <i>Les enjeux de la gestion de ces événements</i> .....	71 -
<i>Conclusion du premier chapitre</i> .....	74 -
<b>CHAPITRE 2 : DU POINT DE VUE DE LA GEOGRAPHIE DES RISQUES</b> .....	<b>77 -</b>
2.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA COMPOSANTE SPATIALE.....	77 -
2.2. MISE EN PERSPECTIVE DU TRIPTYQUE DOMMAGE / VULNERABILITE / PERCEPTION DU RISQUE .....	78 -
2.2.1. <i>Les dommages induits par les inondations</i> .....	79 -
2.2.2. <i>La vulnérabilité : une notion polysémique</i> .....	79 -
2.2.3. <i>Hétérogénéité des approches assurantielles : exemple de la garantie inondation</i> .....	88 -

2.3. ANGLE D'APPROCHE POUR L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE .....	- 94 -
2.3.1. <i>L'analyse des dommages</i> .....	- 94 -
2.3.2. <i>La partie aléa</i> .....	- 95 -
2.3.3. <i>La partie enjeux</i> .....	- 98 -
2.3.4. <i>La partie dommage</i> .....	- 99 -
2.3.5. <i>Incertitudes des données et conséquences</i> .....	- 100 -
2.4. L'ÉVALUATION EX ANTE DES DOMMAGES .....	- 101 -
2.4.1. <i>L'aléa et ses caractéristiques</i> .....	- 101 -
2.4.2. <i>Les enjeux</i> .....	- 105 -
2.4.3. <i>Le recensement des enjeux sur les territoires</i> .....	- 109 -
2.4.4. <i>Le cas particulier de l'entreprise</i> .....	- 112 -
2.4.5. <i>Le recours aux courbes de dommage</i> .....	- 114 -
2.4.6. <i>Les logiciels de calcul de l'endommagement</i> .....	- 120 -
2.4.7. <i>La qualité de l'information géographique</i> .....	- 124 -
<i>Conclusion du deuxième chapitre</i> .....	- 127 -
CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE : .....	- 129 -

**PARTIE 2 : APPORTS DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE POUR LA CONNAISSANCE, L'ANALYSE ET LA MODELISATION DES RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES .....** - 132 -

**CHAPITRE 3 : L'APPORT DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE POUR L'ANALYSE DES RISQUES D'UNE SOCIÉTÉ D'ASSURANCE .....** - 133 -

3.1. L'ANALYSE DES RISQUES POUR UNE SOCIÉTÉ D'ASSURANCE .....	- 133 -
3.1.1. <i>Démarche générale</i> .....	- 136 -
3.1.2. <i>L'analyse des dommages pour le secteur de l'assurance</i> .....	- 140 -
3.2. LA MODELISATION DE L'EXPOSITION D'UN PORTEFEUILLE. ....	- 143 -
3.2.1. <i>Le positionnement du portefeuille sur le territoire.</i> .....	- 144 -
3.2.2. <i>Echecs, erreurs et imprécisions de géocodage</i> .....	- 146 -
3.2.3. <i>Les bases de données</i> .....	- 147 -
3.2.4. <i>Méthodologie</i> .....	- 148 -
3.2.5. <i>Évaluation de l'exposition du portefeuille</i> .....	- 149 -
3.2.6. <i>Surveillance de portefeuille : évaluation du positionnement du portefeuille sur le marché</i> .....	- 151 -
3.2.7. <i>Risque de souscription : étude du positionnement des affaires nouvelles en MRH</i> .....	- 153 -
3.3. L'ÉVALUATION DES DOMMAGES .....	- 160 -
3.3.1. <i>Modélisation du risque financier – Application au risque inondation</i> .....	- 160 -
3.3.2. <i>Modélisation du risque financier – Application au risque explosion</i> .....	- 173 -
CONCLUSIONS DU TROISIÈME CHAPITRE .....	- 194 -

## **CHAPITRE 4 : VERS UNE DEMARCHE DE MODELISATION DES RISQUES POUR LE SECTEUR DE L'ASSURANCE ..... - 197 -**

4.1. PHILOSOPHIE .....	- 197 -
4.2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE .....	- 199 -
4.3. METHODOLOGIE DU MODULE DOMMAGE .....	- 203 -
4.3.1. <i>La variable à expliquer</i> .....	- 204 -
4.3.2. <i>Le choix des variables explicatives</i> .....	- 205 -
4.3.3. <i>Le choix du nombre de variables explicatives</i> .....	- 206 -
4.3.4. <i>Le choix de la fonction lien</i> .....	- 206 -
4.3.5. <i>Le choix d'une loi de probabilité de réponse Y</i> .....	- 207 -
4.3.6. <i>L'estimation des coefficients de la régression</i> .....	- 207 -
4.3.7. <i>La validation du modèle</i> .....	- 207 -
4.3.8. <i>Construction d'un intervalle de confiance</i> .....	- 208 -
4.4. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE INONDATION .....	- 209 -
4.4.1. <i>La réalisation du modèle</i> .....	- 210 -
4.4.2. <i>Commentaires sur les résultats</i> .....	- 216 -
4.4.3. <i>La validation du modèle</i> .....	- 218 -
4.5. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE « SUBSIDENCE ».....	- 222 -
4.5.1. <i>Des mécanismes de la subsidence</i> .....	- 223 -
4.5.2. <i>Démarche Scientifique</i> .....	- 224 -
4.5.3. <i>Les bases de données</i> .....	- 225 -
4.5.4. <i>Construction et choix des variables</i> .....	- 228 -
4.5.5. <i>Présentation des résultats</i> .....	- 230 -
4.5.6. <i>Déploiement du modèle sur l'exercice 2009</i> .....	- 232 -
4.5.7. <i>Conclusions et commentaires</i> .....	- 234 -
<i>Conclusion du quatrième chapitre</i> .....	- 236 -
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	- 238 -

## **PARTIE 3 : ORGANISATION DE L'OFFRE DE SERVICE ET D'ASSURANCE ..... 241**

### **CHAPITRE 5 : L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE SERVICE : LES ATTENTES POUR L'OPTIMISATION DU PGEA ..... - 242 -**

5.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA GESTION DES EVENEMENTS D'AMPLEUR .....	- 242 -
5.2. DESCRIPTION DES ATTENTES .....	- 243 -
5.2.1. <i>Des informations indispensables</i> .....	- 244 -
5.2.2. <i>Les informations attendues selon la dynamique de l'événement</i> .....	- 244 -
5.3. LES SOLUTIONS MARCHE .....	- 246 -
5.3.1. <i>Systèmes de veille d'actualités personnalisées</i> .....	- 246 -
5.3.2. <i>Système de surveillance climatique</i> .....	- 249 -

5.3.3.	<i>Service de prédiction</i> .....	- 252 -
5.3.4.	<i>Service pour le missionnement d'experts</i> .....	- 258 -
5.3.5.	<i>Les enseignements</i> .....	- 264 -
5.4.	ALERTE METEOROLOGIQUE ET MODELISATION DE LA SINISTRALITE TEMPETE, CHEMIN FAISANT.....	- 265 -
5.4.1.	<i>Philosophie</i> .....	- 266 -
5.4.2.	<i>Démarche</i> .....	- 266 -
5.4.3.	<i>Statistiques descriptives par tempête</i> .....	- 272 -
5.4.4.	<i>Statistiques globales de la sinistralité tempête MRH PM</i> .....	- 274 -
5.4.5.	<i>« Méta-événement » tempête pour la reconstitution des événements</i> .....	- 278 -
5.4.6.	<i>La modélisation des tempêtes</i> .....	- 280 -
5.4.7.	<i>Reconstitution de la tempête Herta (1990)</i> .....	- 286 -
5.4.8.	<i>Les enseignements</i> .....	- 288 -
	<i>Conclusions du cinquième chapitre</i> .....	- 291 -
<b>CHAPITRE 6 : L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE L'ASSURANCE.....</b>		<b>- 294 -</b>
6.1.	POLITIQUE DE SOUSCRIPTION EN RISQUE DE MASSE.....	- 294 -
6.1.1.	<i>Stratégie pour l'intégration de variables « climatiques »</i> .....	- 295 -
6.1.2.	<i>Structure du processus</i> .....	- 295 -
6.1.3.	<i>Choix du modèle</i> .....	- 298 -
6.1.4.	<i>L'élaboration de règles de souscription</i> .....	- 300 -
6.1.5.	<i>Synthèse</i> .....	- 303 -
6.2.	ANALYSE DE LA SINISTRALITE « INONDATION » OBSERVEE.....	- 305 -
6.2.1.	<i>Retour d'expérience des inondations de septembre 2002 dans le Gard</i> .....	- 305 -
6.2.2.	<i>Comparaison avec la fréquence de sinistres observée lors des inondations de décembre 2003 sur le Rhône</i> .....	- 319 -
6.2.3.	<i>Présentation de la répartition de la charge sinistre observée lors des inondations de septembre 2002 dans le Gard et de décembre 2003 sur la partie aval du Rhône</i> - 321 -	
6.2.4.	<i>Des enseignements pragmatiques de l'assurance du risque inondation</i> .....	- 322 -
6.2.5.	<i>Éléments pour l'organisation de l'offre d'assurance inondation à destination de la branche MRH</i> .....	- 324 -
6.2.6.	<i>Des enseignements théoriques de l'assurance du risque inondation</i> .....	- 325 -
6.3.	L'ORGANISATION DE L'OFFRE D'ASSURANCE : CREATION DE LA GARANTIE INONDATION HORS CATASTROPHE NATURELLE DE LA BRANCHE ENTREPRISE.....	- 332 -
6.3.1.	<i>Philosophie</i> .....	- 332 -
6.3.2.	<i>Analyse de la sinistralité historique en risque d'entreprise</i> .....	- 333 -
6.3.3.	<i>Le processus de souscription</i> .....	- 338 -
	<i>Conclusions du sixième chapitre</i> .....	- 341 -
	CONCLUSIONS DE LA TROISIEME PARTIE.....	- 343 -
<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>		<b>- 345 -</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>		<b>- 349 -</b>



# INTRODUCTION

A l'échelle mondiale, le bilan dressé par (Kunreuther et Michel-Kerjan, 2009) des 25 catastrophes les plus coûteuses pour le secteur de l'assurance au cours de la période 1970-2008 montre qu'elles sont toutes survenues après 1987, dont plus de la moitié après 2001, et que 23 d'entre elles sont d'origines climatiques. Dans cette liste, la France apparaît à trois reprises. Les tempêtes de 1999 ont coûté près de 9 milliards d'euros dont 7 milliards de dommages assurés (FFSA, 2008). Nonobstant ce bilan, la communauté scientifique souligne que l'importance des problèmes liés aux événements climatiques est sous-estimée (Académie des Sciences, 2010).

Cette thèse s'inscrit dans une optique de gestion des événements dits « extrêmes » ou « d'ampleur » dont les caractéristiques générales sont une faible probabilité d'occurrence et des conséquences fortes sur les systèmes écologiques et sociaux concernés (IPCC, 2007). Au sein de ce manuscrit, l'analyse est focalisée sur un aspect particulier, à savoir la gestion des conséquences de ces événements par une entreprise d'assurance. Le périmètre concerne principalement les événements d'ampleur d'origine climatique mais s'étend également à ceux d'origines technologiques et terroristes. Habituellement, l'événement climatique se distingue de l'événement météorologique par la durée. Dans ce manuscrit, le terme « événement » qu'il soit suivi de climatique ou météorologique, désigne un événement météorologique d'une intensité plus élevée que la moyenne ; l'événement météorologique d'ampleur ou extrême est défini par les valeurs rares ou exceptionnelles que prennent certains paramètres (comme la force du vent, un débit dans un cours d'eau...) sur un territoire donné.

D'une manière générale, les sociétés d'assurance IARD (Incendie et Autres Risques Divers) ont un bilan d'actif certain et de passif aléatoire. De cet état de fait, il ressort un éclairage sur le sens du mot risque par la profession de l'assurance qui désigne un client assuré puisque le financement du risque est réalisé avant l'occurrence du dommage. En effet, ces sociétés reçoivent et mutualisent les cotisations de leurs assurés pour faire face à des dommages aléatoires dont elles espèrent soit, au mieux, leur non survenance ou, a minima, leur coût limité.

Le secteur de l'assurance dommage propose des couvertures d'assurance permettant aux citoyens comme aux acteurs de la vie économique de faire face financièrement aux conséquences des catastrophes majeures moyennant le versement ex-ante d'une prime individuelle pouvant se révéler modeste au regard des risques latents. Le risque extrême, dont font bien évidemment partie intégrante les risques majeurs, conduit ces sociétés à pratiquer la gestion de leur portefeuille d'une telle manière que ces risques conditionnent une part du résultat brut d'exploitation.

De cette définition, il ressort clairement les limites de l'assurabilité de ces risques au niveau de leur mutualisation. D'une manière générale, un événement est assurable si sa réalisation remplit les conditions de diversités géographique et temporelle, véritables leviers du bon fonctionnement et de l'équilibre du régime d'assurance. En termes techniques, il convient de

parler de corrélation positive et d'espérance infinie. La corrélation positive traduit la possibilité qu'un risque entraîne la réalisation d'un ou plusieurs autres ou lorsque des sinistres sont induits par une même cause. L'espérance infinie correspond à la propension des coûts des sinistres à tendre vers des valeurs extrêmes pour atteindre, in fine, la valeur totale du capital assuré. Comme l'a montré (Zajdenweber, 2002), ces événements extrêmes sont d'origines naturelle ou technologique et s'expliquent par l'intensité de certains événements potentiellement dévastateurs ainsi que par la concentration des richesses dans certaines zones exposées à un aléa (exemple à l'échelle mondiale de la Floride pour les ouragans ou de la Californie pour les tremblements de terre). A partir de ces constats, diverses interrogations surviennent, notamment en cas d'occurrence de grandes catastrophes en France, ou encore en cas de changement brutal de climat, induisant une occurrence accrue d'événements extrêmes. Il convient de s'interroger sur la réaction du marché de l'assurance en général, sur la capacité à payer, sur des modifications éventuelles du système CatNat français, sur l'utilisation du secteur de l'assurance pour inciter plus efficacement à la prévention et plus généralement, sur les limites du consentement des assurés à payer pour la frange de populations qui fait le choix délibéré de s'installer sur des territoires fortement exposés...

Pérenniser la capacité de réponse à la demande sociétale de protection financière fiable, impose aux sociétés d'assurance de se doter de connaissances et de savoir-faire, afin de mieux maîtriser les risques climatiques auxquels ses portefeuilles assurés sont soumis et ce, pour chaque maillon des multiples processus métiers constitutifs de la chaîne de valeur assurantielle : la souscription, la prévention, la gestion des sinistres, l'évaluation financière pour le provisionnement et la gestion de la réassurance. En outre, le besoin d'appréhender ces événements s'avère de plus en plus prégnant à mesure que les coûts des catastrophes augmentent et que les normes comptables européennes pressent inévitablement les entreprises d'assurance à démontrer leur niveau de solvabilité en cas de réalisations de scénarios extrêmes. Par conséquent, il devient nécessaire de mieux connaître les risques, de les spatialiser afin d'établir des cartographies fines de leurs processus afférents, tout en respectant les normes comptables internationales (IFRS, International Financial Reporting Standards) et les normes prudentielles (imposées par le règlement européen du 29 novembre 2009, Directive 2009/138/CE du Parlement et Conseil Européens).

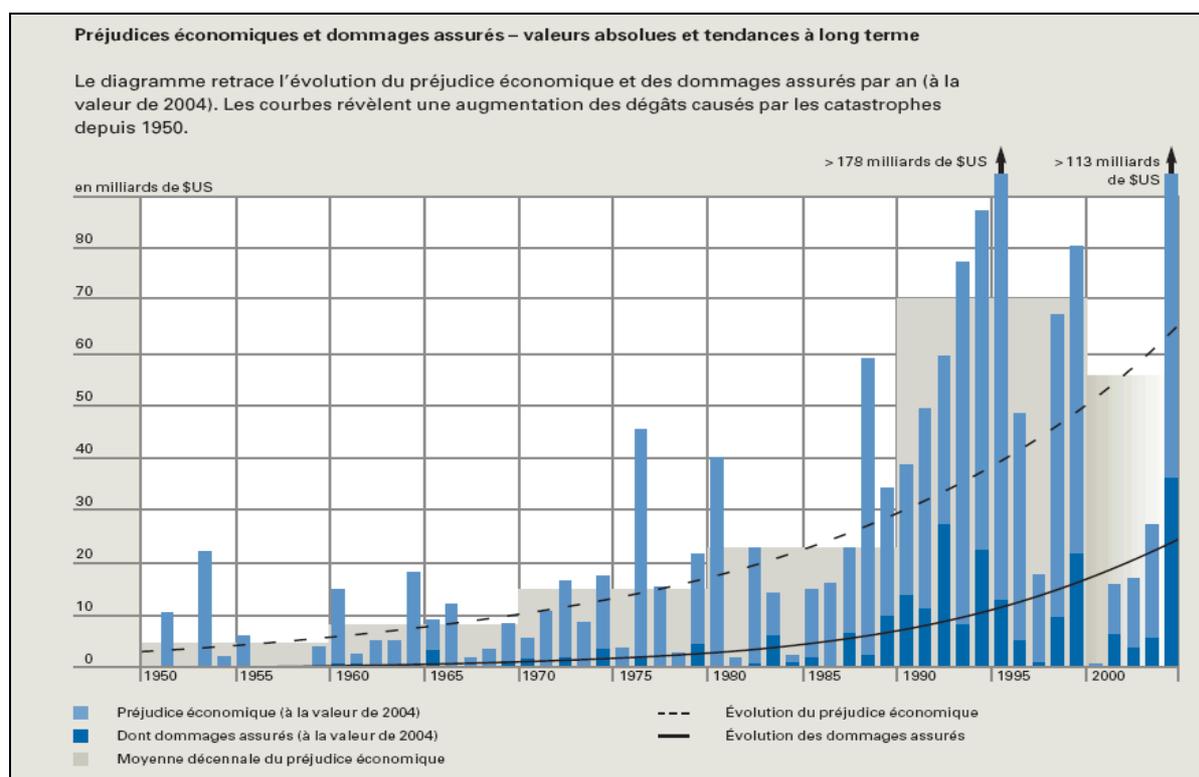
La société AXA France a clairement mis en avant le besoin de développer sa capacité à maîtriser l'exposition de ces portefeuilles d'assurés aux périls d'origines climatique ou humaine et doit en particulier se préparer à une évolution latente du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles comme énoncée dans le projet de loi du 13 juillet 2011. Deux évolutions majeures sont pressenties. La première vise à une libéralisation plus importante des systèmes de tarification et de protection au moyen de leviers puissants tels que les modulations de franchise (propos tenu par le Sénateur Doligé le 28 avril 2010 lors d'une audition concernant le groupe de travail "Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation"). La seconde concerne l'instauration d'une modulation de la surprime selon des critères d'exposition de la commune à l'inondation et des mesures de prévention existantes (APREF, 2011).

En définitive, une évaluation correcte des risques s'avère indispensable pour pouvoir définir une politique de souscription adaptée au degré d'exposition local face à un risque, de pratiquer une tarification au plus proche du taux actuariel (et donc concurrentiel), de s'interroger sur l'assurabilité des risques, de suivre le cumul des engagements afin de calibrer de manière optimale les couvertures de réassurance et au final, communiquer des règles de

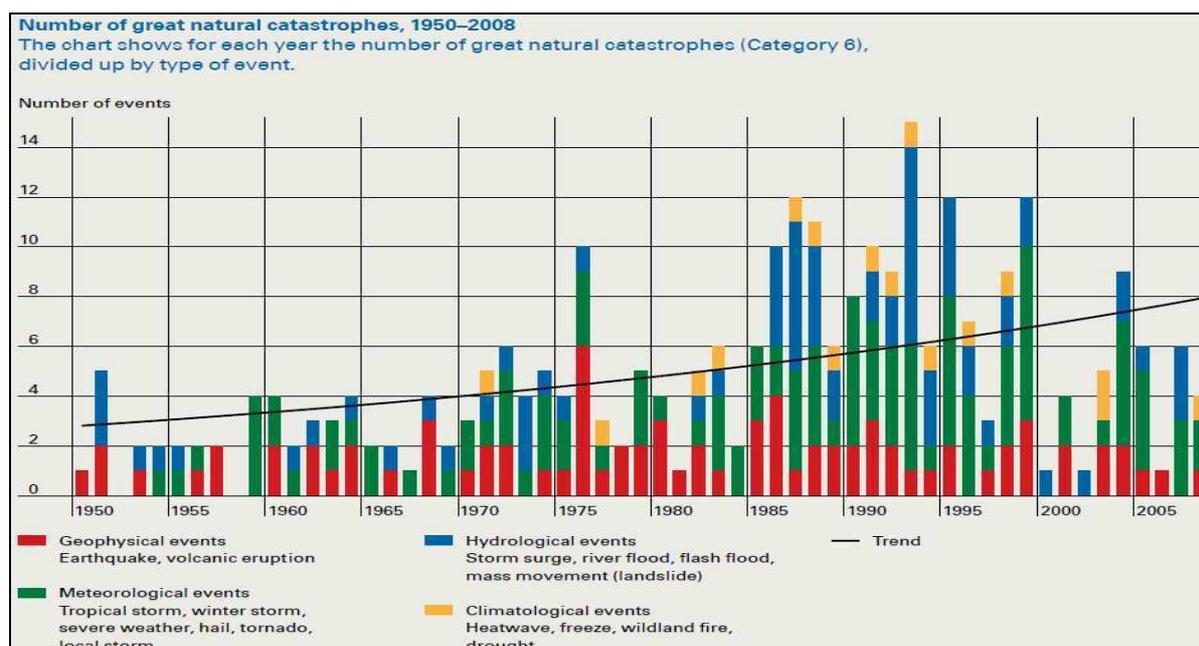
prévention ciblées vers les clients exposés. En effet, les sociétés d'assurance se trouvent de plus en plus confrontées à de nouveaux besoins en matière de gestion des risques pour lesquels les approches classiques des métiers de l'assurance (analyse de la sinistralité historique) ne suffisent pas et n'apportent au mieux que des réponses partielles. D'une manière consensuelle, les attentes peuvent se synthétiser autour de la gestion d'événements extrêmes ou d'ampleur, de la capacité à fournir les éléments chiffrés et tangibles de leurs conséquences. La finalité consiste à apporter une matière suffisante pour la structuration voire l'élaboration d'une véritable stratégie de gestion de ces risques afin de palier les lacunes actuelles.

## DE L'OCCURENCE DES CATASTROPHES...

Se pose ainsi clairement la problématique de la distribution de ces risques extrêmes potentiellement générateurs de dommages dont les conséquences sont principalement la concentration des risques et la quasi-absence de variance voire d'espérance (dans le sens statistique). En d'autres termes, il est clairement impossible de prévoir l'occurrence d'une grande catastrophe et plus encore son intensité.



**Figure 0-1 : Evolution du coût des sinistres assurés et non-assurés générés par les grandes catastrophes (source : Swiss Re, 2009).**



**Figure 0-2 : Evolution du nombre de grandes catastrophes (source : Swiss Re, 2009).**

Les données provenant de la communauté scientifique montrent bien que les événements considérés comme extrêmes paraissent aujourd'hui se produire de plus en plus fréquemment. Cette occurrence accrue de phénomènes s'accompagne d'une accélération des pertes humaines, financières et environnementales dont une partie provient de l'accroissement des expositions. Il faut noter que cette augmentation des expositions renforce l'impression de multiplication de ces événements. Au demeurant, des tergiversations sur la question mettent en avant la visibilité exacerbée de ces événements extrêmes portée par des médias devenus très friands de ces sujets et relayée par les moyens actuels de communications.

D'une manière générale, la figure 0-2 illustre bien la variabilité d'occurrence de ces phénomènes ainsi que l'amplitude de leurs conséquences, comme l'illustre le bilan économique de chaque exercice. Le mot d'ordre actuel devrait se pencher sur le péril que constitue cette amplification des conséquences financières de ces événements extrêmes dans les années à venir.

A titre d'exemple, l'année 2010 semble se démarquer à son tour du fait du nombre de catastrophes survenues durant ses six premiers mois marqués par l'occurrence accrue d'événements naturels ayant des conséquences économiques élevées (Münche Re, 2010). Le tableau ci-après illustre ces propos.

**Tableau 0-1 : Nombre de catastrophes survenues dans le monde durant les six premiers mois de l'année 2011 (source : Munich Re, 2011).**

	The first six months of 2011	The first six months of 2010	10-year average of the first six months in the period 2001-2010	30-year average of the first six months in the period 1981-2010
Number of events	355	480	390	310
Overall losses (US\$ m)	265,000	97,200	47,400	36,400
Insured losses (US\$ m)	60,000	26,900	12,100	8,200
Fatalities	19,380	230,300	52,900	42,700

Le tableau 0-1 révèle que le premier semestre de l'année 2011 a le bilan le plus lourd jamais enregistré jusqu'alors. Les pertes enregistrées surpassent déjà celles subies sur l'ensemble de l'exercice 2010 (précédent record en la matière) en cumulant plus de 265 Mrd USD de pertes économiques pour 60 Mrd de dommages assurés soit environ cinq fois plus que la moyenne observée sur la période 2001-2011.

**Tableau 0-2 : Zoom sur les 5 plus grandes catastrophes enregistrées sur le premier semestre 2011 (source : Munich Re, 2011).**

Date	Country/Region	Event	Fatalities	Overall losses US\$ m	Insured losses US\$ m
11.3.2011	Japan	Earthquake, tsunami	15,500	210,000	~30,000
22.2.2011	New Zealand	Earthquake	181	20,000	>10,000
22-28.4.2011	USA	Severe storm/ tornadoes	350	7,500	5,050
20-25.5.2011	USA	Severe storm/ tornadoes	170	7,000	4,900
Dec 2010/Jan 2011	Australia	Floods	35	7,300	2,550

Le tableau 0-2 fait état des catastrophes majeures survenues dans le monde ainsi que leurs conséquences humaines, économiques et assurantielles. Les chiffres montrent qu'une large majorité des pertes en vie humaine et économique provient du tremblement de terre de magnitude 9,0 dont l'épicentre se situait au large de l'archipel du Japon, et qui a engendré un tsunami. Cet événement est le plus onéreux de l'histoire dépassant les conséquences financières de l'ouragan Katrina de 2005 qui s'élevaient à 125 Mrd USD. Les pertes assurées devraient, quant à elles, vraisemblablement, être inférieures à celle de Katrina. Le bilan humain fait état de plus de 15 000 victimes dont la plupart imputables aux conséquences du tsunami. Sur le plan humain, rappelons que le tremblement de terre du 12 janvier 2010 en Haïti, causant la mort de plus 220 000 personnes (bilan plus élevé que celui du Tsunami de 2004 dans l'océan indien) et en privant de toit 1,2 millions de personnes, se dresse comme l'un des plus grands désastres jamais enregistrés. Le bilan économique fut colossal comparé à la pauvreté du pays alors que les pertes assurées ont été limitées par le faible taux de pénétration des couvertures d'assurance dans ce pays.

Malgré le poids des conséquences de ces catastrophes, il ressort de ces chiffres un défaut de pénétration des couvertures d'assurance sur les pays les plus économiquement défavorisés induisant de ce fait une vulnérabilité plus forte des individus après l'occurrence d'un événement climatique ou technologique extrême. A ce titre, la récurrence de ces événements se révèle être une véritable « trappe à pauvreté » lorsqu'ils frappent des pays dotés d'une capacité limitée pour revenir à l'état « d'avant » (Halleguatte et al, 2007).

Le tremblement de terre d'une magnitude de 6,3 survenu le 22 février 2011 en Nouvelle Zélande touchant notamment la deuxième ville du pays (Christchurch) a généré près de 20 Mrd de dommages économiques et près de 10 Mrd USD de dommages assurés. A noter que de nombreux bâtiments ayant résisté aux précédents tremblements de terre dans la région (dont celui de septembre 2010 de magnitude 7,0 mais avec un épicentre plus éloigné et un foyer plus profond) ont été complètement détruits. Le bilan humain fut lourd avec plus de 180 victimes.

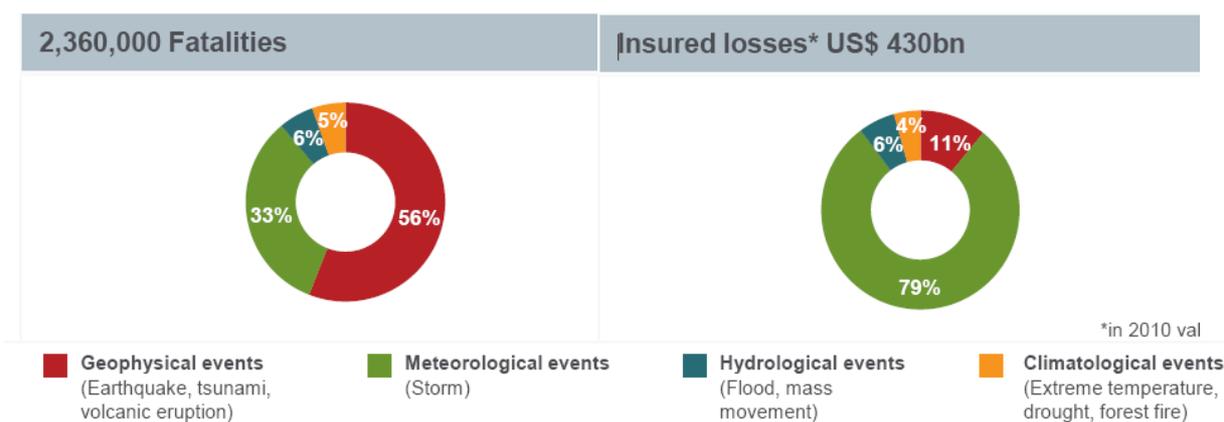
Les Etats-Unis ont subi des catastrophes d'origines climatiques avec deux séries de tornades l'une en avril et l'autre en mai 2011 générant des coûts similaires de 7 Mrd de dommages économiques dont 5 Mrd assurés et causant plus de 520 décès.

En dernier lieu, le cinquième événement majeur du premier semestre 2011 concerne les inondations majeures qui se sont déroulées en Australie touchant la ville de Brisbane. Les conséquences furent lourdes, des centaines de milliers d'habitations ont été inondées pour un coût estimé à plus de 7 Mrd USD de dommages dont un peu plus du tiers étaient assurés.

Finalement, la question de fond sur le sujet des événements d'ampleur porte plus sur l'anthropisation des territoires à risque. A l'échelle mondiale, l'exemple des territoires de Louisiane ou de Floride balayés régulièrement par des cyclones ou ouragans ne concernaient, il y a 150 ans, que peu de populations. C'est en ce sens que le nombre de ces événements doit être relativisé au regard de l'accroissement des populations, leurs concentrations dans des villes de plus en plus grandes et surtout de plus en plus denses, l'attraction des zones littorales (d'après la PNUE, d'ici 2030, 75% de la population mondiale vivra à moins de 60 km du littoral soit l'équivalent de la population actuelle). Ces tendances ne feront qu'accroître la vulnérabilité des sociétés si cette évolution ne s'accompagne pas d'une meilleure anticipation afin de limiter l'impact des événements futurs.

## **AU NIVEAU DU DEVELOPPEMENT DES OUTILS DEDIES A L'APPREHENSION DE CES RISQUES**

Outre le bilan chiffré de ces événements, l'analyse de la sinistralité historique survenue sur des exercices antérieurs peut apporter des éclairages intéressants pour l'étude des catastrophes. En Europe, la majeure partie des dommages est générée par des périls définis comme de second ordre à l'échelle mondiale (inondation, glissement de terrain, incendie, pluie, tornade...) par opposition aux périls considérés de premier ordre comme les tremblements de terre, les ouragans et les tempêtes hivernales (figure 0-3).



**Figure 0-3 : Analyse des grandes catastrophes survenues de 1950 à 2010 dans le monde et ventilées par type d'événement en % (source : Munich Re, 2011).**

Cette distinction opérée entre les périls s'avère plus importante qu'elle ne peut paraître de prime abord. En effet, elle conditionne une large partie de l'intérêt et donc des efforts consentis à l'étude des risques catastrophiques. Pour la plupart des périls de second ordre, peu d'approches des risques existent, que ce soit des études empiriques (trop peu d'événements) ou des études probabilistes.

En 1990, le lancement de la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN) sous l'égide des Nations Unies, a eu comme objectif de « faire en sorte que toutes les sociétés soient capables de résister aux catastrophes naturelles, industrielles et environnementales connexes, de façon à réduire les pertes environnementales, humaines et sociales liées à ces catastrophes ». Consécutivement aux événements de Northridge (1994, 20 Mrd de dommages assurés) et Kobe (1995, 3,5 Mrd USD de dommages assurés), la communauté scientifique a porté son effort sur l'intégration d'outils économiques dans la gestion du risque, à travers le développement des évaluations des pertes financières. Ce travail a abouti en 1997 au lancement d'un premier outil d'estimation du risque sismique (dénommé HAZUS) développé sous l'égide de l'United States Geological Survey (USGS) pour fournir un modèle personnalisable à destination de tous les acteurs.

La montée en popularité de ces modèles a donc été directement ou indirectement liée à la succession d'événements catastrophiques de grande ampleur. En parallèle, les années 1990 ont été le témoin de grandes tempêtes hivernales typiques de l'Europe et d'ouragans aux Etats-Unis (notamment Andrew en 1992 qui causa près de 25 Mrd de dommages assurés). Ces phénomènes, couplés à la concentration des richesses dans les zones à risque ainsi que l'enchérissement des biens, ont mené au développement et à l'emploi aujourd'hui de modèles probabilistes permettant d'appréhender les conséquences financières de ces événements.

## **A L'ETAT DES PRATIQUES ACTUELLES DANS LES METIERS DE L'ASSURANCE**

Bien que des efforts aient été fournis pour l'estimation des périls de second ordre, le manque d'événements majeurs, la difficulté de calibrage de ces modèles, le caractère très spatialisé de ces aléas, la spécificité de certains régimes assurantiels ainsi que l'impact moindre, en termes pécuniaire, de cette catégorie de catastrophes à une échelle macro ou globale, n'ont guère

incité aux développements de tels modèles notamment à des fins opérationnelles. Il faut rappeler que la majeure partie des consommateurs de modèles pour les catastrophes de premier ordre se cantonne au microcosme des réassureurs dont les raisonnements se font à l'échelle mondiale, a contrario des assureurs dont la logique se restreint aux limites administratives du pays sur lequel son activité est implantée. En conséquence, ce différentiel de périmètre se traduit en pratique par le poids des spécificités locales de certains pays qui sont majoritairement exposés à des périls de second ordre.

Eu égard à la vaste étendue géographique de leur portefeuille d'assurés, le développement de modèles pour les événements de second ordre, par nature très spatialisés et donc valables que sur des territoires restreints, exige de la part des professionnels de l'assurance des efforts d'adaptation lourds tant du point de vue de l'évolution du système d'information que du point de vue technique avec, en point de mire, l'intégration dans le portefeuille de compétences des professionnels de l'assurance la gestion de la composante spatiale comme une variable explicative de toute analyse.

Aujourd'hui, le système d'information d'AXA France, qui regroupe l'ensemble des informations relatives à la gestion des contrats d'assurances, ne gère pas la composante spatiale. Notons tout de même, l'existence de zones tarifaires correspondant à des contours administratifs (zones CRESTA, Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations, qui correspondent en France aux départements) dont l'utilité en matière de gestion et de prévention des risques est pour le moins limitée (Pico, 2007). En conséquence, il résulte de cette gestion aspatiale des risques un manque de données cruciales pour la mise en œuvre de modélisation de sinistres (Swiss Re, 2003 ; APREF, 2008). La réalisation de toute analyse nécessitant une connaissance spatiale fine des risques, engendre nécessairement des étapes lourdes de traitements en dehors du système métier avec en appui l'utilisation de solutions logiciels ne faisant pas partie du paysage actuel des assureurs. Il s'agit d'un frein pour la sensibilisation et in fine, pour l'appropriation et le développement de ces modèles/méthodes par les professionnels des métiers de l'assurance.

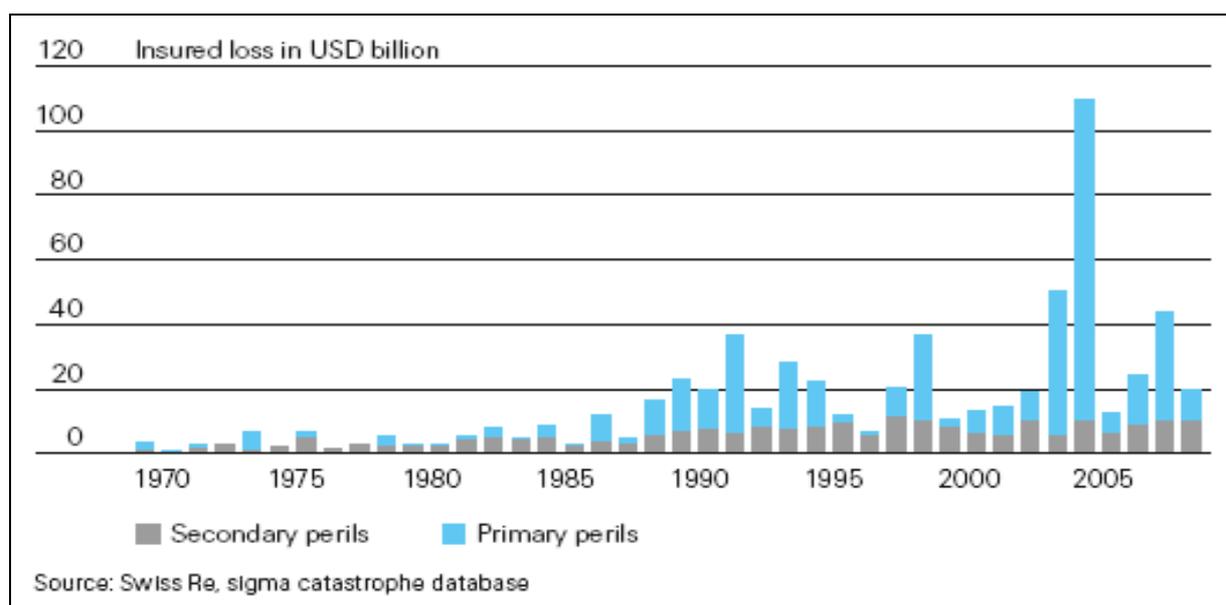


Figure 0-4 : Les pertes assurées dues aux catastrophes naturelles (valeur 2009) selon leurs catégories (primaires ou secondaires). Source : Swiss Re, Sigma catastrophes database.

La figure 0-4 montre la contribution des périls de second ordre aux pertes générées par l'ensemble des catastrophes naturelles à l'échelle mondiale. Il apparaît que leur contribution s'élève à un peu moins du tiers du total. En outre, ces périls secondaires se caractérisent par une fréquence d'occurrence plus élevée. (Swiss Re, 2009) indique qu'il se produit en moyenne six catastrophes de premier ordre par an contre trente-trois de second ordre. Il est entendu que les pertes engendrées par ces événements sont moins élevées.

Puisque très peu de modèles capables d'appréhender les risques secondaires se sont développés sur le marché, ceux-ci s'avèrent bien souvent mal estimés voire non-estimés. Dans ce cas, les professionnels les plus exposés sont les réassureurs en tant que payeurs en dernier recourt ; les assureurs étant consommateurs de couverture de réassurance les confrontant à des pertes plus régulières mais n'étant cependant pas à l'abri qu'un événement dépasse la capacité d'un traité dimensionné bien souvent à partir d'informations partielles ou inadéquates.

En dernier lieu, la capacité d'appréhender de manière fiable des périls comme les inondations revêt une importance croissante et devient un enjeu pour certains marchés, notamment ceux où les risques secondaires sont responsables de la majeure partie des pertes assurées. L'exemple des inondations en Australie est là pour le rappeler. Cette tendance se trouve être exacerbée par les effets du changement climatique et son impact sur l'augmentation tant en fréquence qu'en intensité de phénomènes météorologiques comme les précipitations.

Eu égard au contexte actuel dans lequel évolue ce système, caractérisé par une montée en puissance des risques tant du fait de leur concentration dans l'espace (concentration des activités, augmentation des zones urbaines...) que dans les technologies et produits (enchérissement des produits), de l'augmentation des catastrophes que de leurs coûts, de l'émergence de nouveaux risques (notamment en dépendance), du renforcement des contraintes de solvabilité (solvabilité II, horizon 2012) et des normes prudentielles (IFRS), tout ceci induit inévitablement un changement de cap ainsi qu'à une refonte des pratiques actuelles en matière de réassurance et d'assurance.

## **A L'IDEE DE LA THESE**

Dans cette introduction, la notion d'événement d'ampleur ou extrême est définie à travers deux dimensions : la faible probabilité d'occurrence et la notion de vulnérabilité de la société face à ces événements. Il est clair que la multiplicité des phénomènes pouvant générer ces situations sont multiples (inondation, tremblement de terre, tempête, froid...) ce qui rend alors potentiellement fréquente l'occurrence de ces événements. L'angle d'approche est donc tout naturellement ici la seconde dimension, à savoir l'impact de ces événements sur la société en général et dans le présent cadre opératoire, sur les biens assurés.

Dix ans après les tempêtes Lothar et Martin qui ont marqué par leur ampleur la vulnérabilité du territoire français, moins de deux ans après Xynthia qui a mis en exergue les carences dans l'application des textes réglementaires en matière de prévention des risques (MEEDDM, 2010) et un an après l'épisode du Var dont la fiabilité de la prévision a été mise à mal (le 15 juin 2010 le site Vigicrue ne couvrait pas les tronçons de l'Argens et de la Nartuby MEEDDM, 2010) induisant un délai de vingt-quatre heures pour prendre la pleine mesure de l'événement, force est de constater que l'importance des problèmes liés aux événements

climatiques se révèle sous-estimée et qu'une meilleure préparation est souhaitable en toute conscience des limites des connaissances actuelles en la matière.

Du point de vue sociétal, l'exacerbation des conséquences de ces événements est liée à une mauvaise maîtrise des développements urbains, à une concentration toujours accrue des populations en zone littorale, à l'anthropisation des habitats naturels (qui constituent des barrières ou des zones « tampon » venant atténuer l'intensité de ces événements), à l'enchérissement des biens et valeurs... Face à cela, chaque acteur de la société doit apporter sa contribution. Le secteur de l'assurance se trouve concerné à plus d'un titre par cette problématique. Au demeurant, il ne dispose que peu ou prou d'outils dédiés ou de modèles fonctionnant à des échelles moyenne ou petite adaptées au développement d'analyse « site à site ».

Dans le cadre de l'amélioration ou du redressement sur certaines branches de la rentabilité, d'une recherche de défense de portefeuille ou encore, d'une volonté de se différencier du marché par la qualité du service proposé, la problématique des événements d'ampleur apparaît en ce sens comme un levier puissant. Diverses raisons à cela, la première provient de la dimension médiatique assurant une large couverture de ces événements. La seconde concerne l'impact et l'empreinte laissée après le passage de ces événements sur les personnes les ayant subis. Cela peut se traduire à travers la fédération d'un groupe à des valeurs (Boscoboinik, 2007). En conséquence, il pointe ici une possibilité, pour un assureur, de capitaliser et de fidéliser ces clients. L'occurrence d'un événement d'ampleur constitue un moment charnière pouvant renforcer, en cas de bonne gestion du sinistre, la relation assureur-assuré.

Finalement, il ne peut que s'avérer opportun pour le secteur de l'assurance d'accroître son intérêt sur ce sujet en se dotant de moyens adéquats pour traiter cette problématique de manière proactive. Cela revient à s'interroger d'une part, sur les moyens à mobiliser pour mieux maîtriser et donc anticiper les événements climatiques plutôt que de les subir et de n'être qu'en réaction et d'autre part, sur les opportunités offertes pour la mise en place de nouvelles offres d'assurance en termes de garanties et de services.

A l'origine de cette thèse, la société d'assurance AXA France a clairement exprimé des besoins aux niveaux opérationnels afin de mieux maîtriser les risques auxquels elle est soumise. De ce point de vue, l'élaboration d'une véritable stratégie de gestion nécessite une connaissance accrue de ces phénomènes afin de faire progresser la manière actuelle d'appréhender ce type d'événement que ce soit à des fins d'optimisation des processus de souscription, des règles de prévention, de la gestion des sinistres, de l'évaluation financière du coût des événements pour le provisionnement et la gestion de la réassurance. De ce contexte, se dégagent diverses pistes à explorer allant de l'apport technique pour la connaissance et l'appréhension des événements d'ampleur à l'évolution de l'offre de services et de produits d'assurance. Une des difficultés, quant à la réalisation et structuration de ce manuscrit, a été de trouver un angle d'approche autorisant la cartographie des divers sujets abordés dans un cadre opératoire en lien avec un contexte théorique plutôt large.

Dans un premier temps, il convient de fournir une vision des éléments pertinents et nouveaux offrant des opportunités en matière de pilotage des portefeuilles d'assurés face à ces risques. Cela requiert la mise en œuvre de moyens d'analyse de l'exposition des portefeuilles d'assurés à des fins d'optimisation de politique de souscription, d'analyse de l'homogénéité des portefeuilles entre bons et mauvais risques et donc de leur bon équilibre général. Au

préalable, une analyse fine de la répartition géographique des lieux de risques à l'intérieur des territoires exposés à un aléa s'impose comme un prérequis. En effet, seuls le recensement et la détermination de ces éléments couplés à la connaissance de la répartition spatiale des aléas autorisent l'élaboration de raisonnements stratégiques à l'échelle d'un portefeuille que ce soit dans une optique de surveillance de portefeuille ou pour le suivi des affaires nouvelles. En appliquant ce raisonnement au risque lourd, c'est-à-dire ceux associés à des montants de prime d'assurance permettant la mise en place de processus et de service plus spécialisés (notamment sur le dommage de la branche entreprise), il devient alors possible d'envisager de nouvelles conditions d'assurance via le développement d'un encadrement adapté des garanties, des partages de risque par des mécanismes de coassurance, des transferts de risques avec la réassurance ou encore, dans une démarche préventive, d'édicter des règles de mise en conformité de l'entreprise face à un risque conditionnant l'acceptation du risque en portefeuille ou soit, tout bonnement, de se séparer de certains risques jugés trop mauvais.

Dans un deuxième temps, la problématique du dimensionnement des dommages escomptés en cas d'occurrence d'un événement d'ampleur constitue un point névralgique de la gestion de ces risques. Elle impacte un vaste champ des métiers de l'assurance, allant de la thématique de la réassurance pour la calibration de ces mécanismes, aux calculs des coûts globaux de catastrophes naturelles (provisionnement), en passant par l'estimation potentielle des pertes générées par chaque assuré. L'évaluation au plus juste de ces pertes potentielles permettrait de connaître le coût réel encouru face à un risque catastrophe. Dans la pratique, cela revient, à partir de la connaissance de scénarios d'aléa et de leurs caractéristiques physiques intrinsèques révélatrices de leur intensité, de discrétiser les territoires selon le niveau d'aléa auquel ils sont soumis, pour associer, in fine, à chaque lieu de risque un aléa d'une intensité donnée. Le dernier volet consiste à déterminer le lien unissant une intensité d'aléa à un dommage escompté permettant ainsi de valoriser les pertes générées lors de l'occurrence d'un événement catastrophique.

Finalement, répondre à cette problématique impose de constituer un socle de connaissances nouvelles à destination du secteur de l'assurance. La condition majeure pour pérenniser d'éventuels acquis nécessite de s'assurer du caractère reproductible des traitements proposés et des modes opératoires, pour la détermination de telle ou telle nouvelle variable, sur lesquels ils s'adosent. L'objectif étant de produire une matière sur laquelle il devient possible d'élaborer d'autres applications débordant du cadre instauré par la nouvelle législation européenne et touchant à d'autres aspects de la gestion de ces événements d'ampleur. Comme tout processus d'évolution, qu'il s'agisse d'un métier ou d'une technique, celui-ci requiert nécessairement une montée en compétence sur des sujets nouveaux. Amener les professionnels de l'assurance à fournir des efforts d'adaptation pour capitaliser sur de tels travaux, nécessite d'ouvrir au maximum le champ des perspectives offertes par l'emploi des technologies de l'information géographique. Dans cette optique, les pistes et opportunités menant à la prise d'un avantage concurrentiel par l'innovation doivent être explorées, que ce soit en termes de produits d'assurance ou de services aux clients.

## **POSITION DE RECHERCHE**

La position de recherche de ces travaux est le fruit d'un héritage constitué par plus de dix années de recherche dans le domaine des risques naturels et technologiques s'appuyant sur les technologies de l'information géographique. Plus précisément, c'est le rapprochement entre la communauté des géographes et celle de l'assurance qui a vu éclore les premières

réflexions en matière de modèles d'estimation des risques (Nussbaum, 2000) ; à l'instar de ceux initiés dans les années 1980 aux Etats-Unis avant de voir leurs essors dans les années 1990 et 2000. C'est par le développement concomitant des technologies de l'information géographique et de ses techniques associées que ces travaux ont vu leur portée s'étendre à mesure que l'automatisation des traitements a été rendue possible via, notamment, la création d'informations issues de la superposition des cartes d'aléa avec celles des enjeux. En France, les premiers jalons méthodologiques ont été proposés dans les travaux menés conjointement par la Mission des Risques Naturels (MRN) et la structure de recherche Mines ParisTech/Armines (MRN- CRC, 2001). Focalisés sur le risque inondation, ces premiers travaux ont insisté sur la place centrale que devait tenir la cartographie comme pièce maîtresse de toute « approche technique du risque inondation par les assurances ». Ils se sont inspirés des travaux menés dans les pays où les garanties contre ce risque sont laissées libres à l'assurance de marché notamment aux Etats-Unis et en Allemagne. Les auteurs soulignent que, dans chacun des cas, le dispositif sous-jacent s'adosse à des outils cartographiques, autorisant la discrétisation des territoires selon l'intensité de l'aléa. La finalité étant d'y adosser des règles ou conditions d'assurabilité particulières.

Ajouté à cela, certains acteurs se sont penchés plus en détail sur les besoins spécifiques du secteur de l'assurance. (Nussbaum, 2000) étudie les attentes et besoins des différents groupements techniques des assureurs en termes de pilotage du système de gestion des risques naturels. Le sujet principal, exprimé quasi unanimement par les membres de la FFSA (Fédération Française des Assurances) et du GEMA (Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurance), concerne le développement d'une véritable connaissance économique des risques naturels en France. Il ressort de ces premières réflexions la nécessité de renforcer les liens entre les technologies de l'information géographique et la géographie des risques en insistant sur les apports potentiels des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des possibilités techniques offertes par la géomatique.

D'autres auteurs (Carréga, 2003 ; Carréga, 2007) ont insisté sur le fait que la quantification d'un risque quelconque nécessite de procéder à sa représentation spatiale comme préalable à toute action de prévention ou de lutte contre ce risque. En conséquence, il apparaît presque évident que la réponse aux premiers besoins du secteur de l'assurance, explicités précédemment, est à chercher du côté des technologies de l'information géographique. A ce titre, une première réponse technique a été proposée par la réunion de différents acteurs (CEMAGREF, BRGM, de l'Institut de Mathématique Appliquée de Grenoble et de l'Ecole des Mines) (Garbolino et Guarnieri 2003). De cette collaboration, divers prototypes ont été réalisés permettant d'apprécier et de démontrer les apports (réels et possibles) des SIG à la problématique de gestion et de prévention des risques naturels (Napoli et al, 2002 ; Guarnieri et al, 2003).

Cependant, les us et coutumes en la matière, dont les effets « hérités » se manifestent encore aujourd'hui, montrent que, pour le secteur de l'assurance, le fonctionnement d'un modèle d'estimation des pertes, même lorsque celui-ci est élaboré avec une connaissance avancée du risque, se résume à la connaissance de l'aléa et aux techniques actuarielles et statistiques. De manière systématique, l'approche du risque pratiquée occulte l'aspect géographique et le champ offert par les SIG, considérés, dans le meilleur des cas, comme un simple outil, délaissant les aspects liés à l'environnement et son influence directe sur le risque. Dès lors, un manque de données ou des observations révélant certains comportements atypiques, peuvent entraîner le délaissement voire le rejet de ces méthodes (Pico et Amat, 2002). Devant les premières réticences auxquelles ces travaux se sont trouvés confrontés, la communauté a

porté ses efforts sur l'aspect de la vulnérabilité, véritable point d'achoppement entre l'assurance et la géographie, en démontrant que l'appréhension du risque devait impérativement s'adosser à des niveaux de connaissances semblables entre l'aléa et la vulnérabilité. De nombreux auteurs ont souligné (Carréga, 2003 ; Léone et Vinet, 2006) le rôle et la place fondamentale de la vulnérabilité pour l'évaluation des risques naturels. En conséquence, la traduction de la notion de risque telle qu'elle est entendue par l'assurance (le risque est la valeur de l'engagement financier maximal que représente un enjeu en portefeuille) prend, du point de vue géographique, une dimension particulière à travers la notion de dommage ou d'endommagement. Au demeurant, l'approche géographique des risques pour l'estimation des futurs dommages ainsi que la mise en place d'une véritable gestion des risques, se heurte à de nombreux écueils limitant l'aboutissement et la portée de ces méthodes justifiant le peu d'entrain des professionnels de l'assurance envers les technologies de l'information géographique. Les premiers freins sont apparus avec notamment le problème de la qualité de l'information géographique disponible, les difficultés liées au manque de compétence des assureurs pour gérer ce type de données ou d'informations, la difficile justification de leur valeur et, in fine, du retour sur investissement. En outre, (Leone et Vinet, 2006) ont mis en évidence ce constat en proposant un recueil des différentes approches pour évaluer la vulnérabilité aux menaces naturelles selon quatre degrés de disponibilités allant d'opérationnelle (méthodes standards reproductibles) à une absence de méthodes. Il apparaît un manque de disponibilité des approches opérationnelles, en raison notamment de l'absence, de la non-collecte, de la non-disponibilité et / ou du coût de certaines données et modèles.

C'est donc ici que les approches géographique et assureur se rejoignent, l'une apportant le savoir et la technique des technologies de l'information géographique et l'autre, les bases de données sur les enjeux et les sinistres observés lors d'événements catastrophiques. De ce postulat, différents travaux de recherche ont vu le jour, abordant chacun la problématique de l'intégration des technologies de l'information géographique et de ses techniques associées, sous différentes facettes. En réaction à la problématique de la qualité des données, des efforts de structuration et d'organisation des connaissances et de l'information géographique ont été consentis dans l'optique de la rendre plus intelligible et donc utilisable par les professionnels de l'assurance. A ce titre, une plateforme de service fondée sur les technologies des SIG a été élaborée et mise à disposition des membres adhérents de la FFSA et du GEMA. L'idée est de synthétiser les informations publiques sur les risques naturels fournies par le MEDTL (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) en classant chaque territoire selon son degré d'exposition aux aléas inondation, sécheresse et tremblement de terre (Iris et al, 2007).

Concernant les difficultés d'appropriation de l'information géographique et de leur valeur ajoutée en cas de transfert de ces technologies au sein d'une société d'assurance, l'idée a été d'impliquer directement les professionnels de l'assurance dans la conduite et l'orientation de travaux visant à développer des cas concrets pour juger de l'apport de l'information géographique. Dans cette optique, (Domenichini, 2008) s'est attaché à montrer, dans sa thèse réalisée avec le réassureur Swiss Ré, l'intérêt du recours à la géographie des risques pour soutenir le calcul du risque en réassurance. Principalement orienté sur le sujet des inondations, le modèle proposé connaît des limites puisque, seuls la Loire, la Seine voire le Rhône sont couverts, les zones soumises à l'aléa des autres cours d'eau étant modélisées par une approche géométrique (zones tampons ou buffer). L'emploi de l'information géographique est envisagé pour compléter les séries historiques dans les bases de données des

réassureurs et in fine, pour les intégrer en tant que variable d'ajustement des calculs de risque.

(Chemitte, 2008) a pour sa part, essayé de préciser l'impact de l'intégration de ces démarches, méthodes et outils par le secteur de l'assurance. Il a mis en évidence les freins organisationnels et structurels liés au management des connaissances, à leur gestion, à la méfiance vis-à-vis de données présentant certaines lacunes dont les limites rendent difficiles leur emploi par les non-experts. En parallèle, il met en avant les capacités des technologies de l'information géographique pour créer des connaissances nouvelles sur les risques naturels, source, pour ce marché, de développements des capacités d'innovation considérées comme une opportunité de prise d'avantage concurrentiel sur des marchés de plus en plus compétitifs. Les jalons théoriques sont alors posés pour la levée de certains points de blocages évoqués précédemment. D'autres comme (Iris, 2009) ont abordé la question de l'apport de connaissances nouvelles sur les risques naturels ou technologiques aux sociétés d'assurance en envisageant un évolution technologique du système d'informations internes à ces sociétés par le biais des spécificités techniques du SOLAP (Spatial On-Line Transaction Processing). La démarche s'inscrit dans la volonté d'apporter une solution technologique alternative pour répondre à des besoins opérationnels inhérents à divers aspects des métiers de l'assurance (gestion des sinistres, souscription et cumul de risque).

(Gérin, 2011) a étudié les effets potentiels sur la politique publique de prévention des risques en cas d'usage de l'information géographique par les professionnels de l'assurance. L'auteur met en évidence des pistes d'inflexion ou du moins, de réorientation des politiques publiques, en relation directe avec l'état des données mises à disposition par l'Etat. L'exemple pris concerne la couverture des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) inondations et vise à montrer le gap restant à couvrir pour mener une politique de prévention efficace et cohérente permettant leur emploi par les assurances à l'échelle nationale. Les travaux menés par (Aviotti, 2011) ont visé à mettre en place une démarche pour l'aide à la réduction de la vulnérabilité du bâti. Cet angle d'approche est le fruit d'un rapprochement entre des acteurs régionaux et des assureurs. Elle relève d'une démarche de type experte permettant la réalisation de diagnostic de vulnérabilité avant de proposer des mesures ou des actions visant à la réduire.

Fort de ces précédents travaux et réflexions, la position de recherche de ce présent manuscrit s'inscrit dans une logique de continuité, en lien avec la problématique de la création de connaissances nouvelles par l'emploi des technologies de l'information géographique et de ses techniques associées au sein d'une société d'assurance. D'une manière pragmatique, l'idée consiste à répondre à de multiples besoins évoqués par la profession dont déjà (Nussbaum, 2002 ; Guarnieri et al, 2003) faisaient état. L'objet est de démontrer par l'exemple, les opportunités inhérentes à l'emploi de l'information géographique par un assureur en s'appuyant sur les préconisations formulées par (Chemitte, 2008) et (Iris, 2009). De facto, l'accent est mis sur les aspects de pilotage des risques naturels et technologiques. L'investissement par une société d'assurance dans une nouvelle technologie ne peut être décemment envisagé qu'en ayant, au préalable, jugé concrètement de la valeur ajoutée réelle plutôt qu'attendue. Force est de constater que les travaux menés jusqu'alors ne permettent pas de monter la valeur ajoutée réelle par ce gain technique. En conséquence, l'apport d'éléments pertinents constitue une voie à explorer pour la « géomatisation » d'une société d'assurance. Au demeurant, cette thèse ne consiste pas en la création d'une sorte de business plan mais vise à mettre en perspective ces travaux de recherche appliquée au secteur de l'assurance sous un angle opérationnel. Dans cette optique, cette thèse s'intéresse tant aux

aspects techniques liés à la création de valeur ajoutée, de connaissances nouvelles, qu'à l'évolution du paysage de l'assurance, du point de vue de l'offre de produit et de service, en passant par les diverses étapes de transformation et d'intégration dans les processus métiers de l'information géographique.

## **STRUCTURE DU MANUSCRIT**

Cette thèse en contrat CIFRE a été guidée par les découvertes et avancées faites dans un contexte d'immersion au sein de la société d'assurance AXA France. Bien entendu, ces travaux s'appuient et se veulent dans la lignée des précédents réalisés au sein du Centre de recherche sur les Risques et les Crises de l'Ecole des Mines de Paris. La particularité de ce contexte a permis de réorienter le sujet au gré des travaux, analyses et réflexions menés, eux-mêmes infléchis, au fil des événements survenus pendant cette période ainsi que par la découverte et l'apprentissage des avantages et des contraintes métiers inhérents au contexte opératoire. Ceux-ci sont donc le fruit de la diversité des sujets rencontrés et des thématiques abordées dont un point d'achoppement a été trouvé et retranscrit ici.

L'agencement de ce manuscrit fait part à la fois des éléments de contextes théorique, technique et législatif inhérents aux métiers de l'assurance et propres aux domaines des sciences géographiques. L'idée consiste à démontrer en quoi et comment l'intégration de l'information géographique dans ce contexte métier particulier peut faire d'une part, progresser la connaissance et la gestion de ces risques et d'autre part, évoluer les métiers de l'assurance en étoffant sa gamme de services et de produits.

Le présent manuscrit s'articule autour de six chapitres eux-mêmes regroupés en trois parties. La première partie introduit les contextes industriel et théorique relatifs à ces travaux. Elle permet de cadrer la problématique et de fixer plus spécifiquement les enjeux initiaux de cette thèse. Le premier chapitre présente les multiples facettes que revêt l'enjeu des événements d'ampleur à l'aune d'une société d'assurance, balayant à la fois les aspects réglementaires, les us et coutumes en matière d'appréhension de ces risques ainsi que les besoins inhérents à l'aspect de gestion de ces événements. Le deuxième chapitre s'attache notamment à présenter le cadre théorique spécifique à ces travaux à travers l'approche des risques adoptée par la communauté des sciences géographiques. Il est fait état des opportunités par l'appropriation de ces démarches et méthodes au sein des métiers de l'assurance. L'expérience d'autres pays se révèle être une source d'informations quant à la démarche à adopter et conforte également la perspective de création de valeur ajoutée exploitable de manière opérationnelle par les professionnels de l'assurance. La description des possibilités et limites de cette approche permet de dégager différentes pistes de recherche. L'objet étant de positionner la problématique de recherche, au regard des besoins associés, aux diverses facettes et contraintes des métiers de l'assurance.

La deuxième partie de ce manuscrit propose de répondre à un premier aspect de la problématique de recherche. Elle s'intéresse à tisser le lien existant entre le segment financement et coût des événements d'ampleur, propre au contexte industriel spécifique, et le contexte théorique spécifique à ces travaux, via le recours à l'information géographique et à ses techniques associées. Dans cette optique, il est choisi de faire état de manière pragmatique du type d'informations et de connaissances apportées par l'emploi de

l'information géographique. Des démonstrations réalisées sur des exemples concrets sont présentées. Elles permettent d'apporter des éléments tangibles de réponse sur des sujets prégnants, définis par les professionnels de l'assurance. Le troisième chapitre décrit l'apport de l'information géographique au sein des processus métiers et montre comment celle-ci peut s'intégrer au processus décisionnel. Les exemples pris permettent d'éclairer sur la portée de cette nouvelle vision des risques et des biens assurés ainsi que d'en préciser les limites, tant lors du processus d'intégration, que dans l'exploitation des résultats. Le lien est ici réalisé avec la problématique de la qualité de la donnée. Le quatrième chapitre présente une démarche de modélisation des risques naturels permettant de pallier aux limites rencontrées dans la partie précédente. Finalement, l'enjeu revient à se dégager des contraintes liées au manque de données et de connaissances des biens assurés pour estimer leurs vulnérabilités potentielles face à un aléa donné. Cette partie montre les possibilités et limites offertes par l'intégration de la composante spatiale pour l'analyse et la modélisation des risques d'origines naturelle ou technologique afin de répondre à certaines des exigences et besoins des assureurs. Cela permet de faire prendre conscience de la valeur ajoutée engendrée par cette nouvelle vision des risques et souligne également que la montée en compétence pour l'appréhension de ces risques est liée à la fois à la maîtrise de l'information géographique au sein des processus métiers de l'assurance ainsi qu'à l'état même des connaissances des biens assurés.

La troisième partie s'intéresse à l'enjeu de l'acquisition de nouvelles connaissances issues de l'information géographique pour l'évolution des métiers de l'assurance. Tout d'abord, elle cherche à montrer comment la maîtrise de ces connaissances peut servir de support au développement de services innovants en ligne avec la volonté et l'ambition d'un groupe d'assurance évoluant dans un marché mature. Puis dans un second temps, il est abordé la problématique de l'ouverture et donc de la conquête de nouveaux secteurs de marché s'appuyant sur le développement de la gamme de produits d'assurance. Cette partie vise à décrire le lien existant entre le segment gestion des événements d'ampleur propre au contexte industriel spécifique et le contexte théorique spécifique à ces travaux via le recours à l'information géographique et son intégration dans la chaîne de valeur assurantielle. Le cinquième chapitre s'attache à fournir des éléments pertinents pour proposer une évolution du plan de gestion des événements d'ampleur actuellement en place au sein de la société d'assurance AXA France, en intégrant au sein de son processus l'information géographique. Le sixième et dernier chapitre propose une cartographie de l'évolution de l'offre de l'assurance à différents niveaux : adaptation, réorganisation voire développement de l'offre existante, le tout sous-jacent à l'appropriation de l'information géographique dans les processus de souscription. La mise en perspective de ces éléments vient compléter les réponses faites par l'exploration des derniers axes de recherche à l'origine de ces travaux.



# Partie 1 : Contextes Industriel et Théorique

La première partie de ce manuscrit introduit les contextes industriel et théorique propres à ces travaux. L'objectif consiste à cadrer la problématique et à fixer plus spécifiquement les enjeux initiaux sous-jacents à la réalisation de cette thèse. Le premier chapitre fait état du point de vue adopté par le secteur de l'assurance en France pour traiter des enjeux propres aux risques « catastrophiques », que ce soit dans l'optique de se conformer aux futures législations européennes en la matière ou soit pour faire évoluer de manière générale les métiers de l'assurance dans ces domaines. Il s'agit du terrain de ces travaux, c'est-à-dire du cadre opératoire. Le deuxième chapitre s'intéresse à la manière d'appréhender les risques d'origines naturelle ou technologique par la communauté des sciences géographiques. L'objet étant de décrire les possibilités et limites de cette approche et de faire état des expériences étrangères en la matière. C'est le cadre théorique spécifique à ces travaux. La cartographie de tous ces éléments permet de positionner la problématique de recherche et les enjeux initiaux qui en découlent pour ensuite proposer des solutions palliatives aux besoins identifiés de la profession.

---

# **CHAPITRE 1 :**

## **POINT DE VUE DE L'ASSUREUR**

Ce premier chapitre présente le contexte industriel dans lequel se positionne ce travail de recherche en peignant une esquisse de l'état actuel et des évolutions pressenties du secteur de l'assurance dommage en France. Les deux premières sections décrivent le paysage de ce marché en France en insistant sur la pression inhérente à l'arrivée de nouvelles contraintes législatives avant de s'attarder sur les tendances du marché des catastrophes naturelles et d'aborder, succinctement, le rôle de la réassurance en France. Il s'agit du contexte général de ces travaux. Les deux dernières sections introduisent, quant à elles, les grands principes de financement des risques catastrophiques puis s'intéressent plus précisément à la gestion, par une société d'assurance, de ces événements en soulignant les enjeux qui gravitent autour de cette problématique. Il s'agit du contexte industriel spécifique des présents travaux.

### **1.1. L'ASSURANCE DOMMAGE EN FRANCE ET SES EVOLUTIONS LATENTES**

D'une manière générale, différents types de contrats d'assurances coexistent. Historiquement segmentés en contrats d'assurance vie et contrats d'assurance dommage, il convient de distinguer les contrats d'assurance de personnes et de choses. Schématiquement, l'assurance existe pour l'ensemble des aléas touchant à la propriété d'un bien meuble ou immeuble, à la vie, à la santé... La seule condition d'éligibilité à l'assurance d'une chose est le risque encouru qui doit nécessairement répondre à certains critères d'assurabilité.

#### **1.1.1. Rapide panorama des métiers de l'assurance**

L'assurance consiste en une gestion collective des risques assurés en constituant des mutualités les plus homogènes possibles au sein desquelles chaque risque assuré apporte une contribution à l'équilibre de l'ensemble (FFSA, 2010). Se pose alors la question de l'assurabilité d'un risque.

En pratique, est assurable un dommage causé par un événement aléatoire dont son occurrence est statistiquement homogène sur un territoire et ses conséquences répartissables sur l'ensemble des contrats délivrant la garantie en question.

Les assurances de dommages englobent divers types de risques garantis indépendamment ou non par des contrats dont les principaux sont :

- les dommages aux biens (code civil : « les dommages aux biens résultent du fait d'un tiers, volontaire ou non, qui a pour résultat une perte de valeur ou la perte d'une chance, d'un bien ou d'un droit appartenant à celui qui s'en plaint »),
- les responsabilités (code civil : « l'assurance responsabilité couvre les dommages causés aux tiers. L'assurance responsabilité garantit l'assuré contre les recours exercés contre lui par des tiers recherchant sa responsabilité en tant que victimes pour obtenir réparation du préjudice qui leur a été causé »),
- les pertes pécuniaires, par exemple les pertes d'exploitation à la suite d'un incendie.

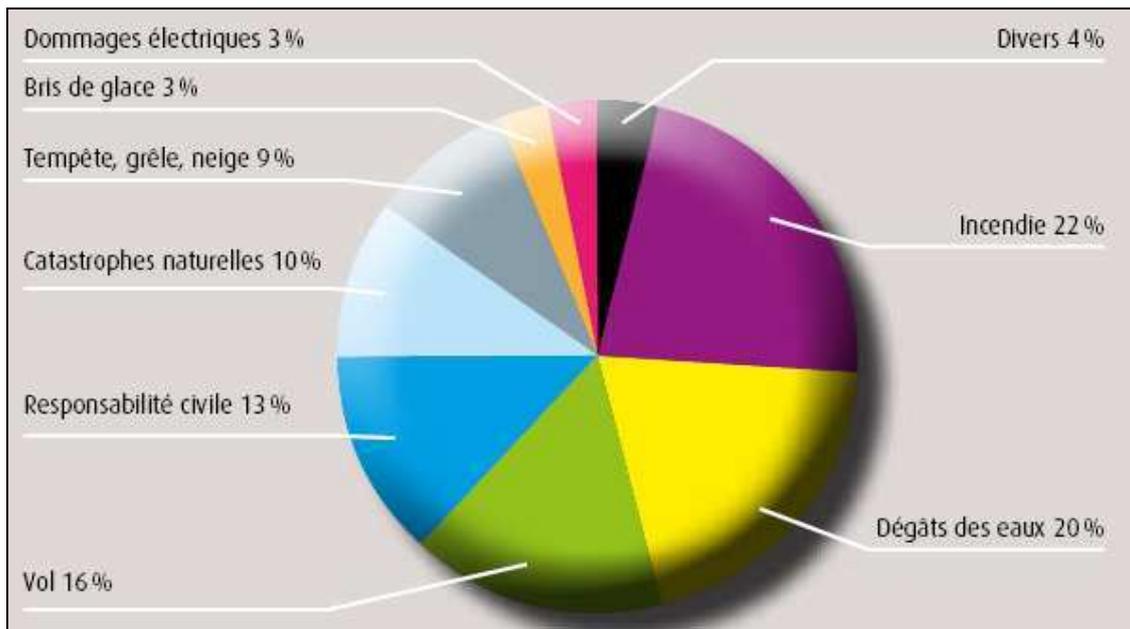
Les risques non-vie sont gérés selon le procédé de répartition, c'est-à-dire que les primes acquises, versées à la souscription d'un contrat, permettent de payer les sinistres qui seront déclarés au cours de l'année suivant la date de souscription. A ceci, s'ajoute l'existence de sinistres à déroulement long ou tardif dont le règlement peut s'étaler sur plusieurs années notamment ceux faisant l'objet de recours en justice. En conséquence, il convient alors de provisionner des fonds afin d'être en mesure de régler ces sinistres ultérieurement.

Les risques peuvent, dans un premier temps, être segmentés en deux catégories :

- les risques de masse ou de fréquence qui concernent, pour l'essentiel, le marché du particulier. Du point de vue de la tarification, l'emploi de démarche consistant à se servir de la vision de la sinistralité antérieure (en termes de volume et coût moyen) pour déterminer celle à venir s'avère être très largement répandue. Malgré son caractère jugé stable et sécuritaire du point de vue de l'architecture tarifaire (Thourot P. et Fougère F., 2006), l'année 2009 a été témoin d'une dérive de la sinistralité sur le marché IARD (risque non-vie) et notamment sur le segment automobile à hauteur de + 8% (FFSA, 2010) par rapport à ce qui était escompté.
- les risques plus spécifiques, plus volatils par nature comme ceux du marché de l'entreprise. L'estimation des risques qu'ils représentent ne peut être cantonnée à une approche historique à partir d'indices. La tarification de cette catégorie du risque relève bien souvent d'un traitement au cas par cas ainsi que la visite des lieux de risque par un expert (ingénieur des risques et préventeur).

Il faut préciser que ces risques sont soumis au principe indemnitaire (code civil : « l'assurance relative aux biens est un contrat d'indemnité ; l'indemnité due par l'assureur à l'assuré ne peut pas dépasser le montant de la valeur de la chose assurée au moment du sinistre ») interdisant de fait à l'assuré la réalisation d'un bénéfice grâce à l'assurance. Il s'agit en clair de ne compenser que le préjudice subi réellement.

Dans le cadre de ces travaux, le contexte est restreint au périmètre d'assurance IARD hors risques de responsabilité et l'intérêt se focalise principalement sur le périmètre des particuliers notamment l'habitation (dont le détail est donné dans la figure 1-1) ainsi que la branche entreprise parce qu'ils sont directement impactés par les effets des catastrophes d'origines climatique ou technologique.



**Figure 1-1 : Répartition des garanties au sein des contrats multirisques habitation en 2009 (source : FFSA, 2009).**

#### 1.1.1.1. Zoom sur le portefeuille MRH

L'année 2009 enregistre une croissance marquée du marché MRH (Multi Risque Habitation) (+ 4,7 %). Fait remarquable : la charge sinistre agrégée a connu une augmentation spectaculaire (+ 25,7 %) soutenue par l'occurrence d'événements climatiques d'envergure durant le premier semestre 2009 (Tempête Klaus, grêle du 25 mai...) ainsi que par la recrudescence des vols. Nonobstant ces conditions climatiques défavorables et par nature imprévisibles, l'année 2009 semble confirmer la tendance haussière de la sinistralité puisqu'il s'agit de la cinquième année consécutive où une dégradation de la sinistralité est observée.

#### 1.1.1.2. Zoom sur le portefeuille dommages aux biens professionnels

La part des marchés des dommages aux biens des professionnels a connu une légère croissance en 2009 s'établissant autour de 1,1 %. A noter que le marché risque industriel est resté stable. Le secteur dans son ensemble a enregistré une augmentation de la fréquence des incendies combinée à une chute du coût moyen, la dégradation de la sinistralité des grands risques a été limitée à 2 %, a contrario des assurances ACPS (Artisans, Commerçants, Prestataires de Services) qui ont subi une hausse importante de 15 %.

Quoi qu'il en soit, l'année 2009 amplifie un sentiment qu'une large partie des professionnels des métiers de l'assurance partage : l'avènement des catastrophes naturelles en tant que péril numéro un concernant la volatilité des comptes de résultats du secteur dommage aux biens. En poussant la réflexion un peu plus loin, il devient possible d'avancer que les procédés, normes préventives et constructives ainsi que le lieu de construction sont des facteurs majeurs que l'assureur se doit de maîtriser ou, a minima, de garder à l'esprit comme moyen de contrôle de la sinistralité notamment sur le marché des biens des particuliers.

### 1.1.1.3. Les assurances des risques d'entreprises

Comme évoqué précédemment, les risques propres au marché des entreprises se caractérisent par une plus grande volatilité que les risques du marché des particuliers. Il est bien entendu possible d'établir des jalons pour la tarification selon la taille de l'entreprise et surtout son type d'activité mais, ceux-ci ne permettent évidemment pas de segmenter le risque réellement encouru par telle ou telle entreprise. Cela s'explique par la nature des risques couverts que ce soit le risque industriel en lui-même (incendie, explosion, ...), le risque technique (comme le bris de machine), les risques spéciaux relatifs à l'activité de l'entreprise (risque de contamination et de rappel de produits), les risques sur les flottes automobiles, la responsabilité civile pour les salariés, le transport, les atteintes à l'environnement, la construction, le risque informatique...

Le socle de la prime en entreprise se fonde en France sur la modélisation de la prime pure (produit d'une fréquence par un coût moyen avant chargement des différents frais commerciaux, taxes et autres) dont la méthodologie est décrite dans le Traité des Risques d'Entreprises (TRE) et qui s'adosse sur une segmentation fine des activités industrielles. C'est sur cette base que le « visiteur des lieux de risque » module ce tarif selon les observations réalisées in situ (mode de chauffage, état des installations électriques, sécurité du lieu, proximité d'autres installations à risque ou de particuliers...).

La proximité directe d'un environnement constitué d'habitations ou de biens constitue un véritable enjeu puisqu'il s'agit d'appréhender la possibilité de réalisations de sinistres par effet « domino » concernant, par exemple, la propagation d'un sinistre ayant démarré sur son site assuré à d'autres installations proches, engageant ainsi la responsabilité de l'exploitant et de facto, celle de l'assureur.

Une des différences majeures observées sur ce segment par rapport à celui des particuliers et des ACPS, concerne principalement le volet prévention notamment en incendie avec l'existence au sein des sociétés d'assurance d'ingénieurs/visiteurs des risques chargés de concevoir et de proposer, comme condition sine qua none à l'acceptation du risque au sein de son portefeuille, des systèmes de prévention comme un réseau de sprinkler. L'assureur endosse ainsi un rôle de préventeur.

Ainsi le dimensionnement de la prime d'assurance se fonde sur une approche de type expert nécessitant une analyse approfondie des risques latents auxquels est exposée une entreprise. Cependant, il faut préciser que même si les assureurs possèdent une véritable expertise pour certains risques et particulièrement l'incendie, force est de constater qu'il n'en est pas de même dans d'autres domaines comme par exemple le risque inondation.

D'une manière générale, la souscription en habitation fait appel à des procédés parfois lourds sans commune mesure avec ceux déployés usuellement pour les risques de masse. Il est évident que les montants de prime en habitation ne permettent pas, ne serait-ce que d'envisager, la mise en place de tels procédés.

Une autre spécificité du secteur de l'entreprise concerne les montants engagés à la souscription de certains risques pouvant atteindre plusieurs dizaines voire centaines de millions d'euros. En conséquence, différents procédés sont mis en pratique afin de répartir les risques (co-assurance) ou tout simplement de les transférer (réassurance).

Il faut également insister sur le fait que la souscription de grands risques en termes financiers nécessite, de la part de l'assureur, de disposer de réserves suffisamment importantes afin d'être solvable en cas d'occurrence de sinistres atteignant les pleins de souscription. Pour des raisons de modèles économiques, de solvabilité, force est de constater que le marché des grands risques suit une tendance à la concentration des risques et reste l'apanage quasi exclusif des plus grands assureurs mondiaux. Ceux-ci demeurent aujourd'hui les seuls organismes capables de répondre aux exigences, en termes de modèle de solvabilité, de la directive européenne en la matière.

### 1.1.2. Statistiques des marchés IARD des risques de particuliers et d'entreprises

En 2009, le chiffre d'affaires des sociétés dommages (marché IARD) atteint 63,6 Mrd d'euros en progression de près de 1,2 %. A noter que ce chiffre reste en recul par rapport à 2008 où la croissance était de 4.3 %.

En assurances de biens et responsabilité, la collecte s'établit à 45,1 milliards d'euros (+ 0,7 %). Le rythme de croissance diminue légèrement après deux années de croissance supérieure à 2 %. Il faut noter que le secteur de l'assurance constitue à ce titre l'un des secteurs économiques présentant les chiffres d'affaires les plus importants.

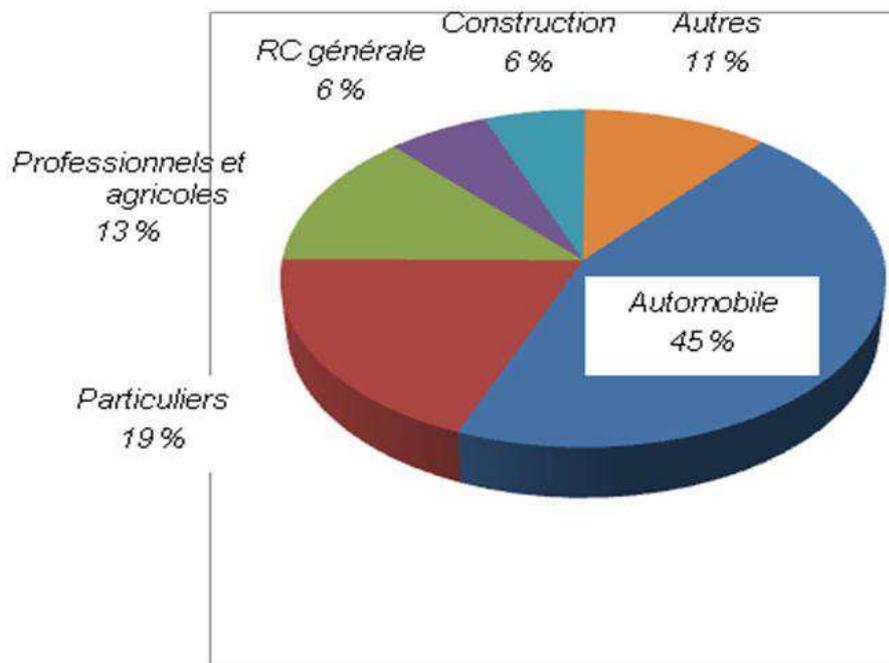


Figure 1-2 : Répartition des sinistres en 2009 (source : FFSA, 2009).

L'année 2009 est une année très défavorable pour les assureurs sur le plan de la sinistralité. La figure 1-2 montre le poids des différents portefeuilles entrant dans le périmètre du dommage au bien (IARD). En assurance de biens et de responsabilité, le montant des prestations versées

et des dotations aux provisions a en effet augmenté de 12% pour atteindre près de 35 milliards d'euros.

Au final, la valeur du ratio combiné net de réassurance des sociétés de dommages dans leur ensemble (quotient du montant des cotisations avec les prestations versées et provisionnées ainsi que les frais de gestion et autres charges techniques) se dégrade de 4,4 points en 2009 pour atteindre 104,2 % et retrouver un niveau comparable à 2003.

Une des conséquences directes de cette hausse de la sinistralité et d'un chiffre d'affaires en faible progression, est une chute du résultat net comptable, passant de 5,3 milliards en 2008 à 2,3 milliards d'euros en 2009. Cela entraîne mécaniquement la baisse du taux de rentabilité du secteur dommages qui atteint 5,8% contre 14,4% en 2008 comme le montre le tableau 1-1.

**Tableau 1-1 : Résultats en milliards d'euros des sociétés dommage (source : FFSA, 2010).**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Ressources</b>										
- Cotisations	43,9	47,4	51,4	54,0	56,3	58,7	60,0	61,7	62,8	63,6
- Dotations aux provisions de cotisations	-0,4	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,8	ND
- Produits des placements alloués <sup>(3)</sup>	5,4	4,5	2,7	3,2	3,8	4,5	5,6	5,4	4,3	3,8
- Autres produits techniques	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Charges</b>										
- Charges de sinistres <sup>(1)</sup>	40,3	35,3	35,9	36,1	36,2	37,1	37,2	37,6	38,6	39,7 <sup>(2)</sup>
- Charges des provisions techniques	- 2,2	3,7	3,4	4,8	3,8	4,9	4,4	5,2	4,7	
- Frais d'acquisition et d'administration	9,2	9,8	10,2	10,6	11,3	11,8	12,4	13,2	14,0	12,6 <sup>(2)</sup>
- Autres charges techniques	1,6	1,6	2,2	1,3	1,8	1,8	2,0	2,0	1,8	2,2 <sup>(2)</sup>
<b>Résultat technique avant réassurance</b>	0,5	1,3	2,3	4,3	7,1	7,6	9,6	9,1	7,8	ND
- Part des réassureurs dans les charges	8,4	9,1	8,3	7,8	6,5	8,4	7,8	8,0	8,9	ND
- Cotisations cédées aux réassureurs	- 7,6	- 9,0	- 10,2	- 10,1	- 10,0	- 11,3	- 11,1	- 11,3	- 11,7	ND
<b>Résultat technique après réassurance</b>	1,3	1,4	0,4	2,0	3,6	4,7	6,3	5,8	5,0	2,2
- Produits des placements <sup>(3)</sup>	1,7	1,3	0,9	1,1	1,5	1,6	2,0	2,3	1,5	1,5
- Autres éléments non techniques	- 0,9	- 0,7	- 0,5	- 1,1	- 1,5	- 2,3	- 2,7	- 2,4	- 1,2	- 1,4
<b>Résultat net comptable</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>0,8</b>	<b>2,0</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>5,6</b>	<b>5,7</b>	<b>5,3</b>	<b>2,3</b>
1. Y compris les frais généraux de gestion des sinistres. 2. Nets de réassurance en 2009. 3. Revenus des placements et plus-values de l'exercice.										

Le montant des cotisations émises en 2009 au titre de l'assurance des catastrophes naturelles et aussi pour l'assurance TGN (Tempête, Grêle et Neige) s'élève à 2 354 millions d'euros. Le graphique ci-dessous montre l'évolution du rapport entre les primes acquises et la prime pure (sinistralité hors frais de gestion) des événements extrêmes pour le marché français hors auto.

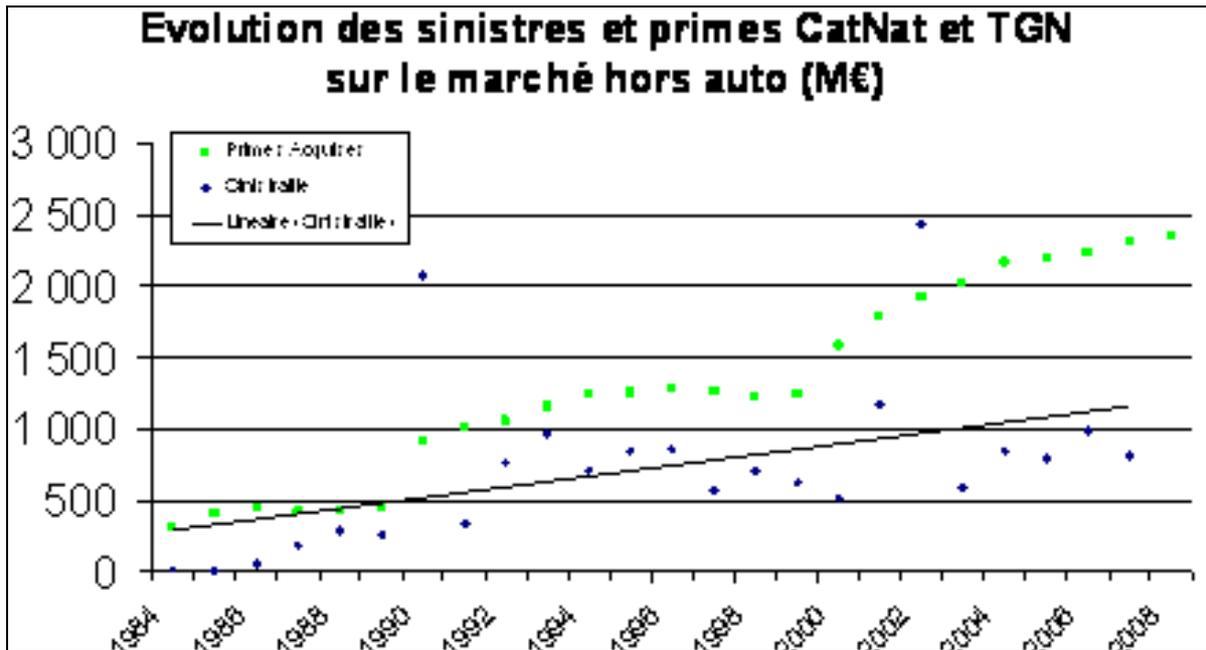
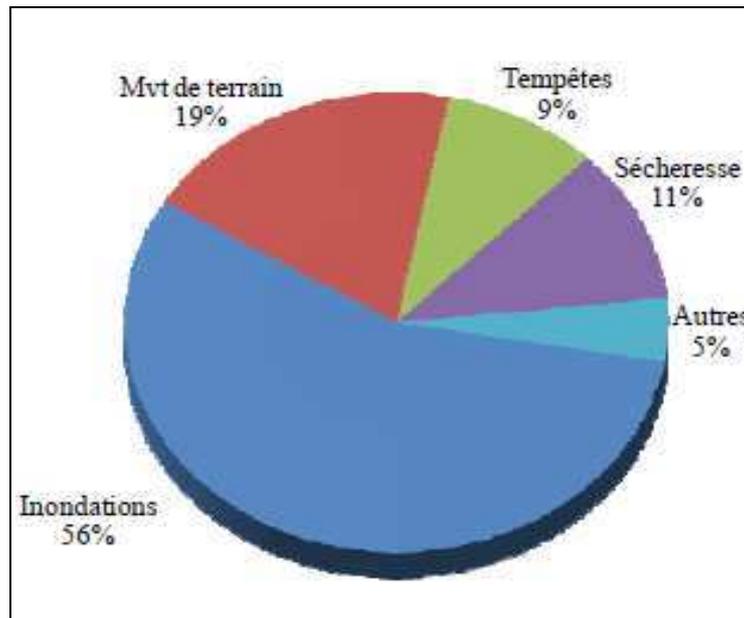


Figure 1-3 : Evolution des sinistres et primes acquises pour les catastrophes naturelles et tempête, grêle, neige (garantie TGN) sur le marché français hors Auto (M€)

Il faut d'abord insister sur le fait que l'exercice 1999 a été délibérément omis dans l'élaboration de ce graphique (figure 1-3) du fait de la charge très importante (plus de 7,5 Mrd d'euros) observée, imputable à la fois aux tempêtes Lothar et Martin mais également par une sinistralité sécheresse très forte.

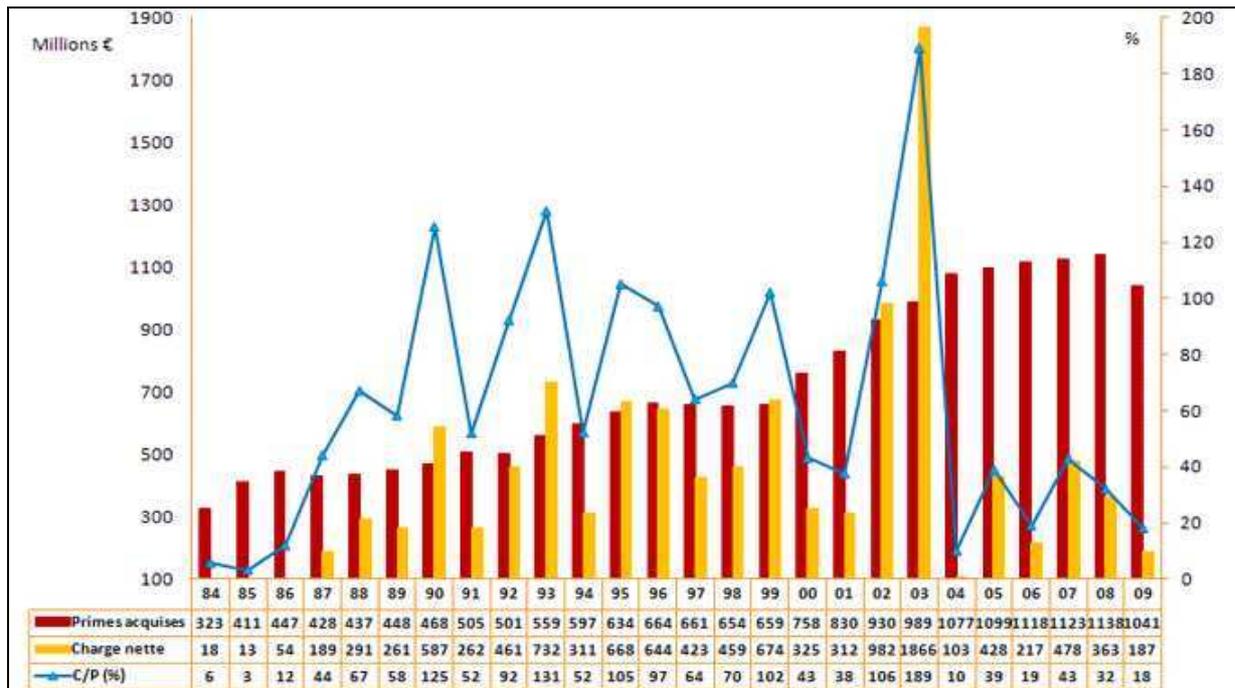
On constate que dans son ensemble ce marché reste largement bénéficiaire pour les assureurs. Cependant, il apparaît clairement des pics de sinistralité dépassant largement la totalité des primes acquises, démontrant ainsi l'impact potentiel des catastrophes sur le bon équilibre de ce régime. En conséquence, ces propriétés illustrent bien le caractère aléatoire de ces événements dont la rentabilité doit s'appréhender sur une logique autre que l'exercice annuel.

### 1.1.2.1. Zoom sur les catastrophes naturelles en France



**Figure 1-4 : Répartition des arrêtés par nature de périls de 1982 à 2008. (Source : FFSA, 2009).**

En France, l'eau est l'élément responsable, comme le montre la figure 1-4, de près de 70 % des arrêtés de catastrophe naturelle pris depuis l'instauration dudit régime. Ces chiffres englobent à la fois les phénomènes d'inondations ainsi que le phénomène de sécheresse géotechnique, mécanisme relatif au retrait gonflement des argiles selon la teneur en eau des sols notamment dans ses premiers horizons. Les inondations sont bien connues du grand public de par leur caractère spectaculaire, bien souvent meurtrier et par leur mise en exergue dans les médias. A contrario, les phénomènes de sécheresse géotechnique s'avèrent moins perceptibles mais peuvent générer des dommages considérables comme durant l'été 2003 avec un coût marché dépassant le milliard d'euros.



**Figure 1-5 : Evolution des primes et sinistres hors automobile pour le marché et par exercice de survenance (données Caisse Centrale de Réassurance, CCR) issues de l'ensemble des cédantes à vision 2010).**

La figure 1-5 montre, à travers l'évolution des primes et sinistres pour le marché dommage aux biens hors automobile, la rentabilité du régime CatNat (Catastrophe Naturelle). Ce graphique montre la charge nette, c'est-à-dire après le solde de réassurance, et reflète ainsi le résultat technique de l'ensemble du marché français d'assurance.

Le graphique montre clairement une progression rapide des primes acquises entre 1983 et 1984, due à une réévaluation de la surprime additionnelle fixée initialement à 6% et passant à 9%. Ensuite, il apparaît que le volume des primes encaissées augmente ensuite plus lentement et diminue même certaines années comme sur la période 1996 – 1999 ou lors de l'exercice 2009. Ces tendances peuvent s'expliquer par la mise en place de politique concurrentielle agressive se traduisant par une baisse des prix des produits d'assurance.

En 1999, intervient une nouvelle augmentation de la surprime CatNat, passant (hors secteur automobile) de 9% à 12%. Il apparaît que la charge de sinistres nette n'a dépassé le montant des primes encaissées sur cette fenêtre qu'à six reprises : en 1990, 1993, 1995, 1999, 2002 et 2003. A noter cependant que dans ces six cas, l'intervention des protections de réassurance a permis d'atténuer le montant du dépassement, qui s'est tout de même élevé à près de 1 Mrd d'euros en 2003.

### **1.1.3. Les tendances futures du marché des catastrophes naturelles**

Les conditions actuelles du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles résultent d'une succession de lois et de textes depuis sa création. Par le passé, ce régime a su démontrer sa capacité d'adaptation face à un monde en perpétuelle évolution. Reste à étudier les pistes de réflexion évoquées aujourd'hui quant à son devenir.

#### *1.1.3.1. Du cadre législatif*

L'instauration de ce régime assurantiel, fondée sur une dualité forte entre assurance obligatoire et mutualisation, semble satisfaire les assureurs pour qui ce système « a rempli sa fonction de solidarité nationale sous la forme traditionnelle d'un régime administré » (Apref, 2010).

Au gré des évolutions, ce régime s'est perfectionné en ajustant progressivement le champ de couverture des phénomènes climatiques, les modalités de déclenchement de la couverture ainsi que les seuils d'intervention en modulant les prix des franchises, tout en prenant en compte certaines des mesures de prévention nécessaires.

Au demeurant, l'exercice 2003 a mis à mal le régime en révélant ses limites, en particulier avec des sinistres potentiels non pris en charge dans l'événement sécheresse de 2003 (et potentiellement « récupérés » les autres années). En réaction à cela, il apparaît que l'exercice de 2003 a également servi de catalyseur en amenant l'Etat via la CCR, à réfléchir à la définition précise des périls et à envisager des pistes d'amélioration. L'objectif fut double : pérenniser l'assurabilité de l'ensemble des périls couverts (assurer la solvabilité du régime en cas de grandes catastrophes) et développer l'incitation à la prévention.

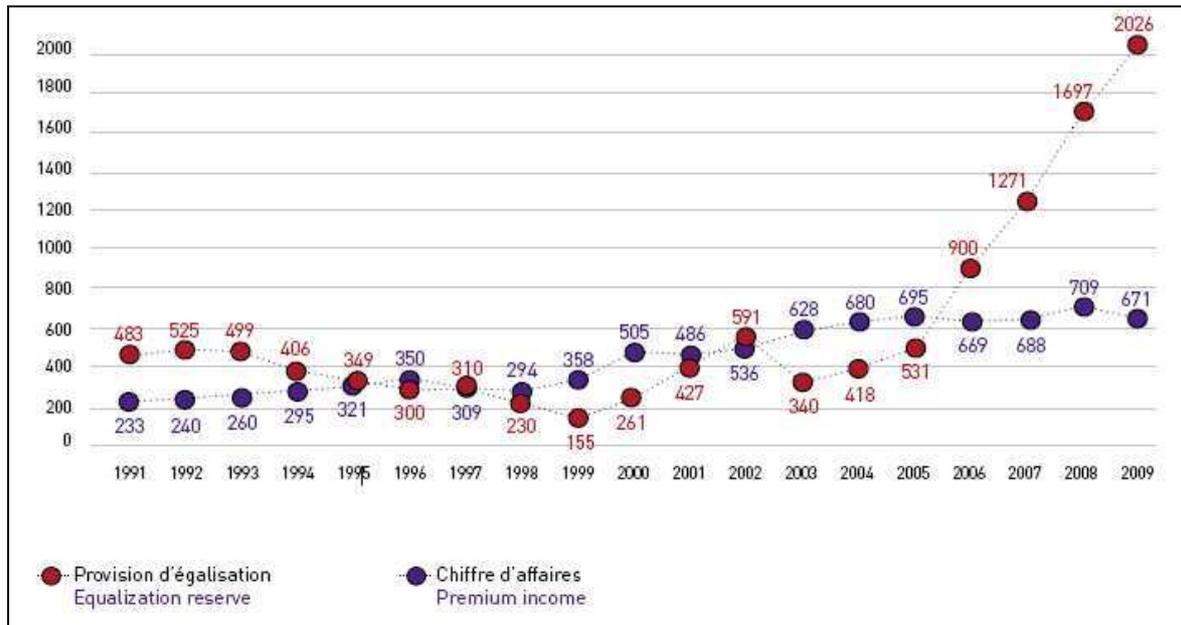
La récurrence actuelle de catastrophes naturelles (comme les tempêtes Klaus, Quinten et Xynthia sur deux années successives ; les inondations du Var en 2010, celles de novembre 2011), la dérive éventuelle de ces événements générée par un bouleversement climatique, la tendance mécanique (de par l'attractivité de certains territoires) à la concentration de l'habitat dans des zones exposées font peser des incertitudes sur l'avenir du régime actuel.

Cela fait aujourd'hui bien longtemps que des bruits circulent quant à une modification latente du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles demeurant jusqu'alors à l'état de chimère. Pourtant, force est de constater que de nombreux groupes de travail ont été ordonnés soit par l'Etat soit par des professionnels du secteur. L'objet ici est de présenter brièvement quelques unes des propositions phares pointées dans leur compte-rendu.

La principale contribution vint d'un rapport réalisé par l'IGF (Inspection Générale des Finances) dont la demande émanait de l'Etat et les conclusions publiées en 2005. Les principaux constats de cette mission sont relatés ci-après.

Dans son ensemble, la perception du régime est bonne puisque les assurés considèrent la couverture comme suffisante pour un prix modeste. Quant aux assureurs, ce régime étant largement bénéficiaire et la tendance observée, lors de la constitution de ce rapport, au resserrement des marges (comme montré figure 1-6) s'étant inversée ces dernières années, il

est quasi-unanimement plébiscité. Du point de vue des pouvoirs publics, ce système apporte satisfaction du point de vue de la réponse aux victimes en faisant face sans en appeler à la garantie étatique aux catastrophes survenues depuis l'instauration dudit régime. Les craintes portées alors par l'insuffisance des réserves pour palier l'occurrence d'une grande catastrophe s'estompent à cause de l'explosion, depuis 2006, des provisions d'égalisation (comme le montre la figure 1-6) rendue possible du fait de la faible sinistralité CatNat enregistrée sur les exercices 2006 à 2009. Malgré cette importante constitution de provisions, le montant actuel pourrait s'avérer toujours insuffisant en cas de grandes catastrophes comme une inondation de la Loire (coût estimé entre 3 et 5 Mrd d'euros) ou une crue de la Seine (estimée quant à elle entre 5 et 10 Mrd d'euros de dommages assurés).



**Figure 1-6 : Evolution de la provision d'égalisation constituée par la CCR en M€. (Rapport annuel CCR, 2009).**

Néanmoins, le régime a, toujours d'après cette commission, semblé atteindre ses limites au niveau du pilotage par l'Etat sur des phénomènes de fréquence et d'augmentation de la sinistralité. En outre, l'ensemble du cadre normatif, qu'il soit juridique ou scientifique, apparaît comme insuffisant voir friable. Plus important encore, la mission souligne les inégalités engendrées par les mécanismes de rappel actuellement mis en place avec la modulation de franchise selon les antécédents en termes de catastrophes ou encore leur inefficacité (car non appliqués) avec les exclusions de garanties gérées par le BCT (Bureau Central de Tarification).

Puis en 2006, le gouvernement a fait part d'un projet de réforme aux organisations fédératrices des assureurs dont les principales propositions étaient les suivantes :

- Suppression des arrêtés CatNat avec définition et objectivation de périls dénommés,
- Traitement séparé de la sécheresse : non-indemnisation des dommages après 18 mois, couverture limitée aux dommages de structure, limitation aux constructions de plus de 10 ans (sinon intervention de la garantie dommage ouvrage décennale),
- Liberté tarifaire pour responsabiliser les assurés et favoriser la concurrence,

- Développement de mesures de prévention : en particulier sécheresse et inondation.

En réponse, la profession dans son ensemble a exprimé des réticences à l'égard de ces propositions par la voie de la FFSA, qui a réagi, en 2007, en publiant un rapport de synthèse en réponse à ce projet gouvernemental.

Les propositions précédentes ont été tempérées de la sorte :

- Concernant la suppression des arrêtés, le maintien desdits arrêtés pendant une période transitoire de 5 ans est suggéré laissant ainsi le temps pour lui substituer un processus efficace fondé sur une objectivation des périls entrant dans le champ de la garantie,
- Le traitement spécifique de la sécheresse ne doit se faire qu'à condition d'une objectivation précise de son seuil de déclenchement,
- Sur le sujet de la liberté tarifaire, le sentiment est mitigé puisque les taux actuels ont assuré l'équilibre sur la période historique 1988/2005. Cependant les assureurs opèrent la dichotomie entre les marchés particuliers et professionnels. Le marché des particuliers, étant soumis à l'aléa moral, risque fortement d'être insensible à la liberté tarifaire car peu incitative à la prévention. En revanche, cette approche est considérée comme profitable pour la branche professionnelle et en particulier l'entreprise où, d'une part, les leviers tarifaires sont plus puissants à l'image de la politique de souscription pour la garantie incendie et, d'autre part, où la sur prime CatNat actuel s'adosse sur des capitaux incendie totalement décorrelés des capitaux « inondation ».
- D'une manière générale, le développement de mesures de prévention est accueilli très favorablement en mettant l'accent sur le fait que le BCT doit assumer pleinement son rôle,
- La FFSA a également formulé des souhaits en proposant la création de diverses initiatives de marché en complément de cette réforme comme :
  - Le développement d'un marché infra CatNat pour les petits événements ou les événements locaux ne rentrant pas dans le périmètre CatNat sous couvert d'une objectivation des critères de déclaration,
  - Le suivi des mesures de prévention,
  - Et le développement d'un zonage professionnel dédié aux risques naturels.
- Un certain nombre d'interrogations demeure en suspend concernant notamment le maintien ou non des entreprises dans le régime actuel et la difficulté à tarifier selon l'exposition réelle (en cas de libéralisation totale du marché des CatNat) et également le développement de couvertures de réassurance sous-jacente en cas de relèvement du seuil d'intervention de la CCR.

Récemment, diverses évolutions sont apparues. Le Décret n° 2011-765 du 28 juin 2011 relatif à la procédure d'élaboration, de révision et de modification des plans de prévention des risques naturels prévisibles, ramène à trois ans (contre 5 ans jusqu'alors) le délai imparti à l'approbation d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles à partir de sa prescription. Ce délai demeure prorogeable une seule fois dans une limite de 18 mois.

En parallèle, trois circulaires sur la gestion du risque inondation viennent d'être publiées par le Ministère de l'Ecologie (Bulletin officiel du Ministère de l'Ecologie du 25 août 2011). La première en date du 5 juillet 2011, s'attache à mettre en place une gouvernance de bassin pour

la conduite de la politique de prévention du risque inondation. Un des objectifs de la circulaire vise tout d'abord à rappeler les échéances de la Directive Européenne Inondation 2007/60/CE du 23 octobre 2007 puis, à harmoniser l'association des parties prenantes au niveau de ces bassins pour sa mise en œuvre et en dernier lieu, à identifier les territoires à risques importants d'inondations.

La deuxième circulaire du 27 juillet 2011, fixe les principes de prise en compte du risque de submersion marine dans ces PPRL avec notamment la publication d'un guide méthodologique révisé pour l'élaboration des PPRL contenant, par exemple, les modalités d'intégration des ouvrages de protection tels que les digues. L'objet ici vise à harmoniser les règles de construction en matière de risque inondation qu'il soit généré par un débordement de cours d'eau ou par submersion marine.

La troisième circulaire, datée du 2 août 2011, cible les Plans de Préventions des Risques Naturels Littoraux (PPRL) avec, en point de mire, l'extension de la couverture actuelle de ces plans. Plus de 300 communes ont été désignées comme prioritaires. Il s'agit ici de palier les lacunes mises en évidence par la tempête Xynthia du 25 février 2010.

En dernier lieu, la proposition de loi visant à réformer le régime CatNat qui a été mise en consultation publique jusqu'au 13 juillet 2011, vise à renforcer la prévention et à objectiver la reconnaissance de l'état de Catastrophe naturelle. Les principaux changements envisagés dans ce texte sont les suivants (FFSA, 2011 ; Ministère du Budget, 2011) :

- Les périls seront clairement nommés,
- La liste des catastrophes naturelles sera fixée par décret en Conseil d'État,
- Le projet de texte procéderait à l'objectivation de la procédure de reconnaissance de l'état de Catastrophe Naturelle, en renvoyant au pouvoir réglementaire la définition des critères d'intensité des phénomènes naturels prévalant à l'octroi de la garantie Catastrophe Naturelle. Les seuils d'intensité seraient fixés sur la base de la jurisprudence développée par la commission interministérielle,
- La prime additionnelle peut être modulée selon l'exposition à l'aléa, le type de contrat (particulier, professionnel) et le montant des capitaux assurés (petits / grands comptes),
- Un encadrement plus strict pour l'indemnisation des sinistres liés à la sécheresse géotechnique (intervention de la responsabilité décennale prévue à l'article 1792 du code civil) et application stricte des normes de construction pour les nouvelles constructions, comme prévu par l'article L. 112-20 du code de la construction et de l'habitation,
- La possibilité actuelle passerait à une obligation (sous certaines conditions) pour les assureurs de ne pas accorder la garantie dans les zones déclarées inconstructibles par les PPR.

Finalement, les tergiversations quant à l'évolution du régime des Catastrophes Naturelles alimentent toujours un sujet à la fois complexe, touchant de près le citoyen et dont les dernières saillies poussent à réaliser une première encoche au principe de solidarité en allant vers l'introduction de l'exposition à un aléa comme variable tarifaire de ladite garantie. Cela engendrerait la mobilisation de ressources non négligeables ainsi qu'une refonte du système de tarification actuelle pour l'ensemble des acteurs de l'assurance.

### 1.1.3.2. De l'évolution de la sinistralité

Une étude réalisée, en 2010, conjointement entre les services de la FFSA et la Mission Risques Naturels, intitulée « Synthèse de l'étude relative à l'impact du changement climatique et de l'aménagement du territoire sur la survenance d'événements naturels en France », soulève des questions concernant l'avenir de l'assurance face aux catastrophes naturelles et de leurs impacts à horizon 2030 en termes de répercussions pécuniaires et sociales.

Le bilan des 20 dernières années fait état de dommages s'élevant à près de 34 Mrd d'euros de pertes assurées, ce qui représente, rapportés au budget français de l'assurance dommage des ménages et de l'entreprises, environ 16% de leurs dépenses (FFSA, 2009).

Afin de projeter la sinistralité « climatique » future, deux aspects ont été considérés :

- L'effet du changement climatique : augmentation de la charge des sinistres évaluée à 14 Mrd d'euros pour les vingt prochaines années (hypothèse de travail calibrée sur les tendances retenues par le Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Climat (GIEC, 2007), soit une hausse de 47 % dont 13 milliards d'euros seraient liés à une fréquence accrue des événements extrêmes et 1 milliard à celle des événements locaux.
- L'effet de l'évolution des facteurs socio-économiques : augmentation de 16 Mrd d'euros, sous une hypothèse de continuité pour les 20 prochaines années des tendances enregistrées sur la période 1988-2007, dont 14 milliards dus à l'augmentation de la masse assurée (donc sans effet sur le coût relatif de l'assurance) et 2 milliards dus à l'effet de concentration des assurés dans les zones vulnérables (avec un impact direct sur le coût relatif de l'assurance).

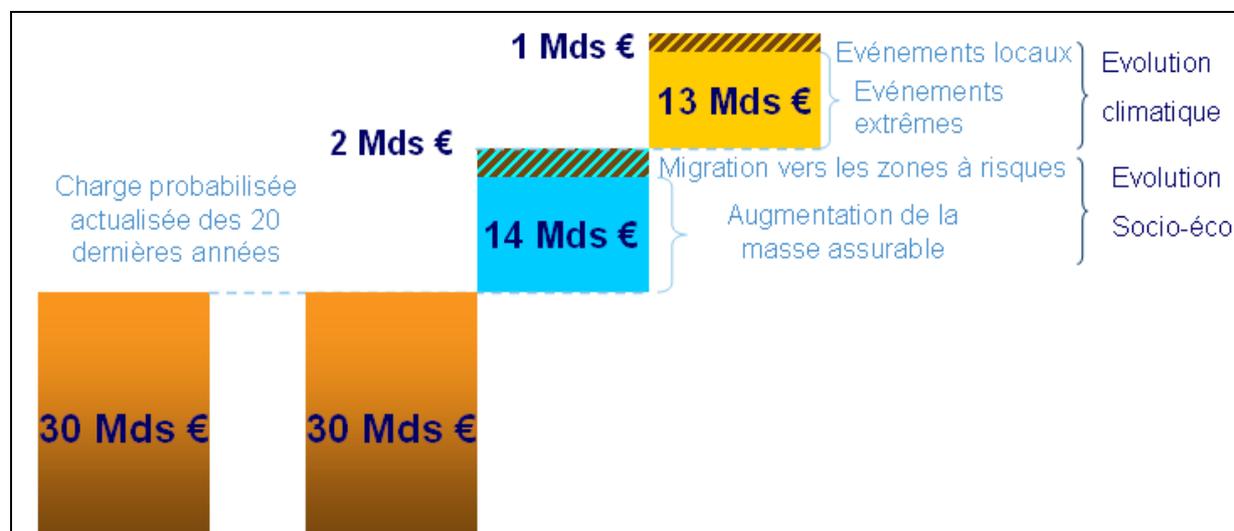


Figure 1-7 : Un doublement estimé de la charge des sinistres pour les 20 prochaines années (FFSA, 2009).

In fine, l'étude dont une synthèse est proposée dans la figure 1-7, avance le chiffre de 60 Mrd d'euros de dommages générés par les catastrophes naturelles d'ici à 2030, soit un doublement. Comme il en a été fait état plus haut, seule une partie de cette charge se retrouvera répartie sur le prix de l'assurance avec, en bout de chaîne, un impact direct sur le budget des ménages et

des chiffres d'affaires des entreprises. Ainsi, la part de la couverture contre les événements naturels atteindra près de 25 % (contre 16% initialement) dans le budget assurance dommage.

Il faut également préciser que cette étude se fonde sur une stagnation des mesures de prévention et d'alerte ainsi que sur une stabilité des conditions générales de l'indemnisation des catastrophes naturelles et de la garantie TGN (Tempête, Grêle et Neige).

En poussant ce raisonnement à l'extrême, ces tendances pourraient mettre en péril les conditions d'assurabilité du système d'assurance contre ces événements. En effet, (Weitzman, 2007 et 2009) ont montré que, dans le scénario d'un changement brutal se traduisant par la survenue d'événements dont l'ampleur et la récurrence seraient accrues, les conditions de diversification spatiale et temporelle deviendraient délicates à tenir.

### 1.1.3.3. Evolution latente et impact sur les métiers d'assureur

L'Observatoire de l'Evolution des Métiers de l'Assurance (OEMA) a été créé en 1996 et a pour objet principal de mieux informer la profession sur l'ensemble des facteurs susceptibles de faire évoluer les métiers de l'assurance. Elle œuvre pour une gestion proactive des conséquences de ces évolutions en termes de technologie de l'information et de la communication, de qualifications, de besoins, de formations, d'emplois et de compétences.

Dans une étude parue au mois de juin 2010, l'OEMA dresse une cartographie de la chaîne de valeur assurantielle qui concourt à la création de l'offre, en passant par la conception des produits (actuaire, marketeur, juriste de contrats, etc.), aux réseaux de distributeurs (commercial et vendeur) ainsi qu'à la gestion client (souscripteur et/ou régleur).



Figure 1-8 : Grille méthodologique d'analyse prospective par la chaîne d'activités (source OEMA, 2010).

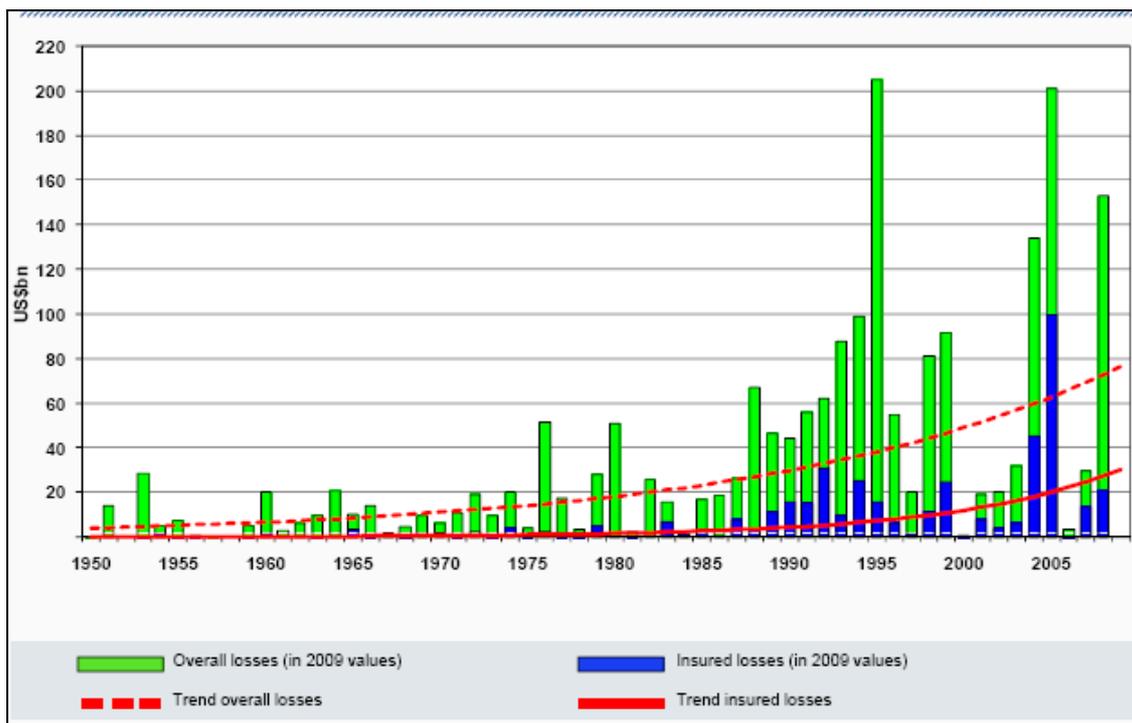
De cette grille méthodologique proposée dans la figure 1-8, il ressort que, sous l'impulsion de facteurs contingents, à savoir économiques, technologiques, sociétaux et réglementaires, la chaîne de valeur assurantielle peut se modifier pour répondre à ces nouvelles exigences. L'application de cette méthodologie aux domaines des risques naturels et catastrophiques en général, permet de mettre en évidence que ceux-ci sous-tendent à un impact significatif sur cette chaîne d'activités :

➤ Des facteurs technologiques :

- maturité et développement opérationnel des outils et techniques de l'information géographique,
- démocratisation et vulgarisation de l'information géographique (Directive INSPIRE, Mission risques naturels...),
- professionnalisation des techniques de la géomatique d'affaires (Caron, 2006),
- etc.

➤ Des facteurs économiques :

- l'augmentation du montant des pertes économiques assurées (Munich Ré, 2010 ; Swiss Ré, 2010) :



**Figure 1-9 : L'augmentation du montant des pertes économiques assurées dues aux catastrophes naturelles (Munich Ré, 2010)**

- l'impact potentiel du changement climatique en termes de fréquence et de sévérité d'événements naturels extrêmes (GIEC, 2007, FFSA, 2009),
- l'impact du changement climatique sur l'industrie de l'assurance (FFSA, 2009),

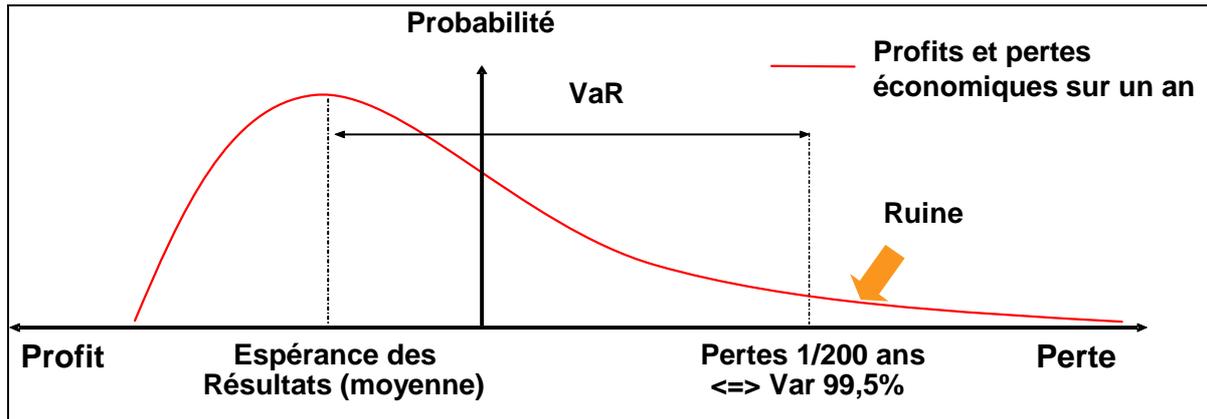


Figure 1-10 : Incidences du changement climatique sur les primes et les besoins en fonds propres d'une société d'assurance ou de réassurance

- la promotion d'un développement responsable mis en avant dans le cadre de la conférence mondiale pour la prévention des catastrophes naturelles organisée à Kobé en 2005, dans la continuité de la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN),
- Des facteurs sociétaux :
  - l'augmentation de l'aversion au risque et le sentiment de ne pas être protégé contre,

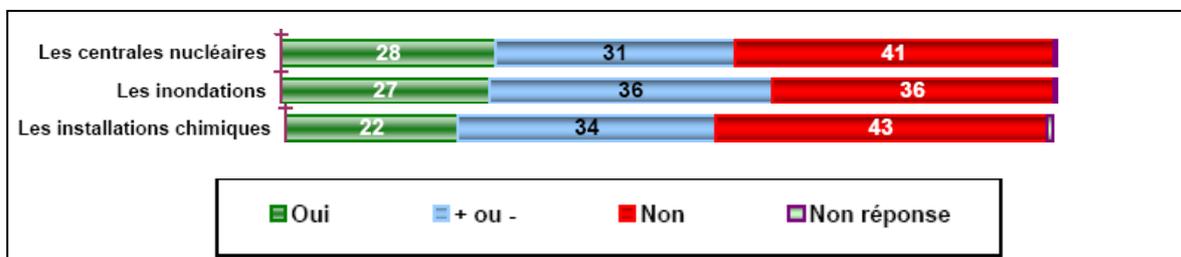


Figure 1-11 : Extrait de l'étude publiée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) en 2010. Réponse à la question : “ Pour chacun des domaines suivants, estimez-vous que l'on dit la vérité sur les dangers qu'il représente pour la population ? ”

- l'accroissement de la vulnérabilité des activités humaines avec notamment l'enchérissement des biens et la concentration des enjeux en zone à risque,
- Des facteurs liés à l'évolution du contexte légal et réglementaire :
  - les nouvelles normes européennes : normes prudentielles (IFRS) et de solvabilité (Directive Solvabilité II),
  - l'évolution latente du régime CatNat (Projet de loi du 13 juillet 2011, déclaration faites par le chef de l'Etat suite à la tempête Xynthia),

- l'ouverture du champ d'indemnisation du fond Barnier hors de son cadre originel.

A ceci, s'ajoute une des conclusions du rapport 2010 de l'OEMA qui met en évidence : « Une tendance forte de ces métiers, à ce jour et pour les prochaines années, est donc le regroupement de compétences spécialisées. Ces quelques éléments suffisent alors à mettre en lumière des écarts de compétences majeurs. Ils se combinent par l'arrivée de nouveaux profils, l'intégration de nouvelles expertises (en lien, par exemple, avec les problématiques de climat : réchauffement, catastrophes naturelles...) mais aussi, comme toujours, par des programmes de formation idoines. »

L'énumération de ces quelques facteurs laissent augurer, eu égard aux modèles proposés par l'OEMA, d'un changement ou du moins d'une évolution très probable de la chaîne d'activités de l'assurance des risques naturels et des catastrophes en général.

### **1.1.4. Synthèse de la Directive Solvabilité II**

La Directive Européenne Solvabilité II constitue un véritable tournant dans l'activité de l'assurance qui voit ses pratiques, ses règles comptables ainsi que son approche des risques profondément remodelées en imposant à toute société pratiquant ou voulant pratiquer une activité d'assurance la mobilisation d'importantes ressources et de compétences pour sa mise en conformité. Les événements d'ampleur font bien sûr partie de ces risques à mesurer et à prendre en compte dans les calculs de solvabilité.

Cette partie reprend les principaux éléments figurant dans le texte de loi voté par le Parlement le 22 avril 2009 et par le Conseil le 5 mai 2009 et en propose une synthèse afin d'éclairer sur les tenants et aboutissants généraux de l'application de ce texte.

La Directive Solvabilité II établit des règles concernant :

- l'accès aux activités non salariées de l'assurance directe et de la réassurance, et leur exercice au sein de la Communauté,
- le contrôle, dans le cas des groupes d'assurance et de réassurance,
- l'assainissement et la liquidation des entreprises d'assurance directe.

Afin de ne pas déborder du cadre de ces travaux, cette partie porte exclusivement sur les activités de l'assurance directe et de la réassurance.

La directive rappelle que le principal objectif de la réglementation et du contrôle en matière d'assurance est de « garantir la protection adéquate des preneurs et des bénéficiaires » (art 12).

La directive introduit par ailleurs le principe de proportionnalité qui prévoit un ajustement des exigences quantitatives et qualitatives selon la taille et le domaine d'activité de ces acteurs (Herzog, 2008).

#### 1.1.4.1. *Le champ d'application*

La directive est applicable aux entreprises d'assurance directe (vie et non-vie) ainsi qu'aux entreprises de réassurance (qui n'exercent que des activités de réassurance), établies sur le territoire d'un État membre de la Communauté Européenne ou qui désirent s'y établir.

Certaines entreprises ne sont pas soumises à cette directive en raison de leur taille ou de la nature des opérations pratiquées (par exemple la présente directive ne concerne pas l'activité d'assistance).

L'accès aux activités d'assurance directe ou de réassurance est subordonné à l'octroi d'un agrément préalable accordé par l'autorité de contrôle de l'État membre d'origine de l'entité (art 14). Cet agrément est valable pour l'ensemble de la Communauté. Concernant la réassurance, l'agrément est délivré pour l'activité de réassurance vie, non-vie, ou tout type d'activité de réassurance.

Toute décision de refus d'agrément doit être motivée de façon précise et notifiée à l'entreprise concernée (art 25). Chaque État membre prévoit un droit de recours juridictionnel lorsque l'agrément est refusé.

#### 1.1.4.2. *Les autorités de contrôle et règles générales*

Les États membres veillent à ce que les autorités de contrôle disposent des moyens nécessaires pour atteindre le principal objectif assigné au contrôle à savoir, la protection des preneurs et des bénéficiaires (art 27).

Le contrôle repose sur une approche prospective et fondée sur les risques. Il inclut la vérification continue du bon fonctionnement de l'activité d'assurance ou de réassurance, ainsi que du respect des dispositions prudentielles applicables (art 28).

Le contrôle financier des entreprises (solvabilité, provisions techniques, fonds propres éligibles) relève de la compétence exclusive de l'État membre d'origine y compris pour leurs succursales et leurs activités en libre prestation de services (art 29).

Les États membres veillent à ce que les autorités de contrôle :

- aient le pouvoir de prendre des mesures préventives et correctives en vue de garantir le respect des dispositions législatives, réglementaires et administratives (art 34).
- examinent et évaluent les stratégies, processus et procédures d'information prudentielle établis dans ce cadre :
  - respect des exigences qualitatives relatives au système de gouvernance (notamment l'évaluation interne des risques et de la solvabilité),
  - appréciation des risques,
  - appréciation de leur capacité à mesurer ces risques compte tenu de l'environnement dans lequel elles opèrent (art 36).

À la suite du processus de contrôle prudentiel, les autorités de contrôle peuvent, dans des circonstances exceptionnelles et par décision motivée, imposer une exigence de fonds propres supplémentaire à une entreprise d'assurance ou de réassurance (art 37).

### 1.1.4.3. Les conditions régissant l'activité

➤ Le système de gouvernance

Les entreprises d'assurance et de réassurance doivent mettre en place un système de gouvernance efficace garantissant une gestion saine et prudente de l'activité (art 41).

Ce système doit être proportionné à la nature, la taille et la complexité des opérations de l'entreprise. Il repose sur des politiques écrites concernant la gestion des risques, le contrôle interne, l'audit interne et le cas échéant la sous-traitance.

Les entreprises d'assurance et de réassurance doivent mettre en place un système de gestion des risques efficace, qui comprend les stratégies, processus et procédures d'information prudentielle nécessaires pour déceler, mesurer, contrôler, gérer et déclarer, en permanence, les risques auxquels elles sont ou pourraient être exposées ainsi que les interdépendances entre ces risques, au niveau individuel et agrégé (art 43).

Le système de gestion des risques couvre les domaines suivants :

- la souscription et le provisionnement,
- la gestion actif-passif,
- les investissements, en particulier dans les instruments dérivés et engagements similaires,
- la gestion du risque de liquidité et de concentration,
- la gestion opérationnelle des risques,
- la réassurance et les autres techniques d'atténuation du risque.

Pour les entreprises utilisant un modèle interne, la fonction gestion des risques couvre également :

- la conception et mise en œuvre du modèle interne,
- le test et la validation du modèle interne,
- le suivi documentaire du modèle ainsi que de ses modifications,
- l'information de l'organe d'administration ou de gestion concernant la performance du modèle interne et de l'état d'avancement des plans de remédiation aux faiblesses détectées,
- l'analyse de la performance du modèle interne.

Dans le cadre de son système de gestion des risques, chaque entreprise procède à une évaluation interne des risques et de la solvabilité. Cette évaluation porte sur (art 44) :

- le besoin global de solvabilité,
- le respect permanent des exigences de fonds propres et de provisions techniques,
- la mesure dans laquelle le profil de risque de l'entreprise s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le Capital de Solvabilité Requis (SCR), calculé à l'aide de la formule standard, ou d'un modèle interne.

Les autorités de contrôle sont informées des conclusions de chaque évaluation interne du risque et de la solvabilité qui doit être effectuée sur une base régulière ou suite à toute évolution notable du profil de risque.

Les entreprises doivent disposer d'un système de contrôle interne et d'audit interne efficaces (art 45 et 46). La fonction d'audit interne évalue notamment l'adéquation et l'efficacité du système de contrôle interne et d'autres éléments du système de gouvernance. Elle est exercée d'une manière objective et indépendante des fonctions opérationnelles. Les entreprises doivent de plus, mettre en place une fonction actuarielle efficace (art 47), chargée notamment de coordonner le calcul des provisions techniques.

En cas de sous-traitance de fonctions ou d'activités d'assurance ou de réassurance, les entreprises conservent l'entière responsabilité du respect des obligations qui leur incombent au titre de ces fonctions ou activités.

➤ Les Informations à destination du public

Les entreprises d'assurance et de réassurance doivent publier annuellement, un rapport sur leur solvabilité et leur situation financière (art 50) après son approbation par l'organe d'administration ou de gestion (art 54).

Les autorités de contrôle fournissent annuellement au CECAPP (Comité Européen des Contrôleurs de l'Assurance et des Pensions Professionnelles) (art 51), le montant moyen des exigences de fonds propres supplémentaires par entreprise et la répartition des exigences de fonds propres supplémentaires imposées par les autorités de contrôle durant l'exercice écoulé, en pourcentage du SCR.

En cas d'écart observé par rapport au MCR (Minimum de Capital Requis) ou au SCR et que l'entreprise ne met pas en œuvre un plan réaliste à court terme de rétablissement, elle doit publier immédiatement le montant de l'écart constaté, l'explication de son origine, ses conséquences, ainsi que les mesures correctives prises (art 53).

*1.1.4.4. Les règles relatives à la valorisation des actifs et des passifs, provisions techniques, fonds propres, capital de solvabilité requis, minimum de capital requis et règles d'investissement*

➤ Valorisation des actifs et des passifs

Les actifs et passifs sont valorisés par l'entreprise pour le montant auquel ils pourraient être échangés ou transférés dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales, entre des parties informées et consentantes (art 74).

➤ Règles relatives aux provisions techniques

Les entreprises doivent établir des provisions techniques pour tous leurs engagements vis-à-vis des preneurs d'assurance et autres bénéficiaires (art 75). La valeur de ces provisions correspond au montant actuel que ces entreprises devraient payer si elles transféraient sur le champ leurs engagements contractuels à une autre entreprise. La valeur des provisions techniques est égale à la somme de la meilleure estimation de ces provisions (valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs) et d'une marge de risque correspondant à la

mobilisation de fonds propres éligibles au SCR nécessaire pour faire face aux engagements (art 76).

Lorsqu'elles calculent leurs provisions techniques, les entreprises tiennent compte de la valeur des garanties financières et de toute option contractuelle incluses dans leurs contrats d'assurance et de réassurance (art 78).

➤ Fonds propres

Les fonds propres correspondent à la somme des fonds propres de base et des fonds propres auxiliaires (art 86).

Les fonds propres de base se composent de l'excédent des actifs par rapport aux passifs et des passifs subordonnés (art 87), diminué du montant de ses propres actions que l'entreprise détient.

Les fonds propres auxiliaires se composent d'éléments, autres que les fonds propres de base, qui peuvent être appelés pour absorber des pertes (art 88) telles que le capital souscrit qui n'a pas été appelé, les lettres de crédit et les garanties et tout autre engagement, juridiquement contraignant, reçu.

Le montant des fonds propres auxiliaires à prendre en considération pour déterminer les fonds propres est soumis à l'approbation préalable des autorités de contrôle (art 89)

Les éléments de fonds propres sont classés sur trois niveaux (art 93), en fonction de leur disponibilité pour absorber des pertes complémentaires dans le cadre d'une exploitation continue ou en cas de liquidation.

Dans le cadre du SCR, le montant éligible des éléments de fonds propres est soumis à des limites quantitatives (art 98), garantissant, au moins, que les éléments de niveau 1 compris dans les fonds propres éligibles représentent plus du tiers du montant total des fonds propres éligibles et les éléments de niveau 3 moins du tiers.

Pour ce qui concerne la conformité au MCR, le montant des éléments de fonds propres de niveau 2 est soumis à des limites quantitatives. La part des éléments de niveau 1 représente plus de la moitié du montant total des fonds propres éligibles de base.

➤ Capital de Solvabilité Requis (SCR)

Les États membres exigent que les entreprises d'assurance et de réassurance détiennent des fonds propres éligibles couvrant le SCR (art 100). Ce dernier est calculé soit à l'aide de la formule standard, soit à l'aide d'un modèle interne. Au moins une fois par an, le résultat est communiqué aux autorités de contrôle (art 102).

Le SCR est calculé de manière à garantir que tous les risques quantifiables auxquels l'entreprise est exposée soient pris en considération (art 101). Il doit couvrir le portefeuille en cours (pertes inattendues), ainsi que le nouveau portefeuille dont la souscription est attendue dans les douze mois à venir.

Le SCR correspond à la Valeur-en-Risque (VAR) des fonds propres de base de l'entreprise d'assurance ou de réassurance, avec un niveau de confiance de 99,5 % à l'horizon d'un an.

➤ Capital de Solvabilité Requis: formule standard

Le SCR, calculé selon la formule standard, est la somme des éléments de base contenant au moins (art 103):

- le risque de souscription en non-vie,
- le risque de souscription en vie,
- le risque de souscription en santé,
- le risque de marché (reflète le risque lié au niveau ou à la volatilité de la valeur de marché des instruments financiers ayant un impact sur la valeur des actifs et des passifs de l'entreprise),
- le risque de contrepartie (reflète les pertes possibles que pourraient entraîner le défaut inattendu, ou la détérioration de la qualité de crédit, des contreparties et débiteurs de l'entreprise d'assurance ou de réassurance sur les douze mois à venir).

Le sous-module "risque sur actions" calculé selon la formule standard comprend un mécanisme d'ajustement symétrique de l'exigence en fonds propres pour actions qui sert à couvrir le risque découlant des variations de niveau du cours des actions (art 105).

- de l'exigence de fonds propres pour risque opérationnel, qui reflète les risques opérationnels, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas déjà pris en considération dans les autres modules de risque (art 106),
- de l'ajustement réalisé en vue de tenir compte de la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques et des impôts différés (art 107).

➤ Capital de solvabilité requis: modèles internes intégraux ou partiels

Les entreprises d'assurance et de réassurance peuvent calculer leur SCR à l'aide d'un modèle interne intégral ou partiel approuvé par les autorités de contrôle (art 110).

Elles peuvent utiliser des modèles internes partiels pour calculer un ou plusieurs des éléments suivants:

- un ou plusieurs des modules ou sous-modules de risque du SCR de base,
- l'exigence de fonds propres pour risque opérationnel,
- l'ajustement réalisé en vue de tenir compte de la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques et des impôts différés.

Une modélisation partielle peut également s'appliquer à une ou plusieurs de ses unités opérationnelles majeures.

Les autorités de contrôle prennent une décision sur toute demande d'approbation de modèle interne dans un délai de six mois suivant la réception de la demande complète.

Le retour à la formule standard pour calculer l'ensemble de leur SCR ou une partie quelconque de celui-ci est possible s'il est dûment justifié et si les autorités de contrôle ont donné leur accord (art 115).

En cas de non-conformité du modèle interne, l'entreprise d'assurance ou de réassurance doit présenter sans délai aux autorités de contrôle un plan de retour à la conformité dans un délai raisonnable. Les autorités de contrôle peuvent exiger de l'entreprise qu'elle revienne à la formule standard pour calculer son SCR (art 116).

Les entreprises démontrent qu'elles utilisent largement leur modèle interne et que celui-ci joue un rôle important dans le système de gouvernance (art 118). Il incombe à l'organe d'administration ou de gestion de garantir l'adéquation permanente de l'architecture et du fonctionnement du modèle interne et de veiller à ce que le modèle interne continue à dûment refléter le profil de risque de l'entreprise concernée.

Les entreprises doivent être en mesure de justifier, auprès des autorités de contrôle, les hypothèses qui sous-tendent leur modèle interne. Par ailleurs, elles mettent en place un cycle régulier de validation de leur modèle interne, qui comprend un suivi de son bon fonctionnement, un contrôle de l'adéquation permanente de ses spécifications et une confrontation des résultats qu'il produit aux données tirées de l'expérience (art 122).

➤ Minimum de Capital Requis (MCR)

Les États membres exigent que les entreprises d'assurance et de réassurance détiennent des fonds propres éligibles de base couvrant le MCR (art 126). Ce dernier, correspond à un montant de fonds propres de base éligibles en-deçà duquel les preneurs et les bénéficiaires seraient exposés à un niveau de risque inacceptable si l'entreprise d'assurance ou de réassurance concernée était autorisée à poursuivre son activité (art 127).

Le MCR est calculé comme la fonction linéaire d'un ensemble ou d'un sous-ensemble des variables suivantes : provisions techniques de l'entreprise, primes souscrites, capital sous risque, impôt différé et dépenses administratives. Les variables utilisées sont mesurées déduction faite de la réassurance.

La fonction linéaire utilisée pour calculer le MCR est calibrée selon la variabilité des fonds propres de base de l'entreprise d'assurance ou de réassurance concernée, avec un niveau de confiance de 85 % à l'horizon d'un an, il a néanmoins un seuil plancher absolu :

- de 2.2 M€ pour les entreprises d'assurance non-vie, y compris les entreprises captives d'assurance,
- de 3.2 M€ pour les entreprises d'assurance-vie, y compris les entreprises captives d'assurance,
- de 3.2 M€ pour les entreprises de réassurance, sauf dans le cas des entreprises captives de réassurance, auquel cas il ne peut être inférieur à 1 M€.

Le MCR ne descend pas au-dessous de 25 % et ne dépasse pas 45 % du SCR de l'entreprise y compris tous fonds propres supplémentaires imposés. Les entreprises d'assurance et de réassurance calculent leur Minimum de Capital Requis au moins une fois par trimestre et notifient le résultat de ce calcul aux autorités de contrôle.

Finalement, la Directive Solvabilité II impacte fortement le fonctionnement d'une entreprise d'assurance en imposant une nouvelle vision des risques auxquels son activité l'expose ainsi

que la détermination de capital requis pour son activité et sa solvabilité. Dans les faits, cela se traduit par la mobilisation importante de ressources visant à élaborer les modèles internes. Cela réclame la mise en place de démarches, d'outils, d'hypothèses, de méthodes et de données faisant appel à des compétences particulières. A l'échelle d'une compagnie d'assurance, l'enjeu consiste à tirer un maximum de rentabilité en tenant compte de ce processus et de ses règles visant en bout de chaîne à protéger le preneur d'assurance.

Sur l'activité non-vie, les risques doivent être déterminés sur une période de retour de 200 ans. Dans cette optique, le rôle et la place des événements d'ampleur de faible probabilité d'occurrence se positionnent comme un des sujets prégnants nécessitant une montée en compétence sur des sujets potentiellement consommateurs de fonds propres au regard des pertes sous-jacentes associées. L'objet étant de parvenir à leur appréhension afin de définir au mieux l'appétit au risque d'une société d'assurance, c'est-à-dire d'optimiser le jeu entre le consentement à payer et la part de risque cédée via le recours à des protections de réassurance.

## **1.2. LE SECTEUR DE LA REASSURANCE**

Les risques majeurs sont, par essence, non-assurables directement et nécessitent, d'une part, une mutualisation mondiale des risques afin de se dégager du critère de corrélation positive (l'occurrence d'un sinistre engendre la réalisation d'un ou plusieurs autres) et d'autre part, d'aménager certaines conditions d'assurance spécifiques pour se dégager des contraintes représentées par l'espérance infinie (les coûts des catastrophes extrêmes tendent vers la totalité des capitaux assurés). A noter cependant que les tempêtes répondent aux critères d'« assurabilité » directe puisque le type d'événement et la gravité sont connus, que l'aléa est quasi-total dans le sens où il est impossible d'apporter une réponse certaine à sa survenance sur une échelle annuelle et que l'aléa tempête concerne potentiellement toutes les régions (même si certaines connaissent des tempêtes d'intensité moyenne plus fréquemment) et donc tous les assurés.

### **1.2.1. Rôle et place du secteur de la réassurance**

La réassurance repose sur les mêmes fondements que l'assurance. La différence peut se réduire à la volonté de mutualiser les risques à l'ensemble d'un portefeuille. Succinctement, la réassurance se décline autour de deux axes majeurs. Le premier s'impose comme un véritable méta-marché des risques dans le sens où ceux-ci se regroupent selon une autre logique ainsi qu'à une échelle plus large que celle de l'assureur : la diversification géographique de risques, le lissage des résultats sur une échelle pluriannuelle, la constitution de réserves d'égalisation ainsi que la constitution d'importants fonds propres. Le second rôle de la réassurance consiste à libérer les assureurs d'une partie des risques auxquels ils sont soumis. Eu égard aux règles strictes que les assurances doivent suivre en matière de fonds propres, le recours aux protections financières proposées via les mécanismes de réassurance produit, en quelque

sorte, un allègement des risques. L'objectif étant de dégager des fonds pour d'autres activités (plutôt que du capital immobilisé).

Au demeurant, les sociétés d'assurance ou de réassurance ne couvrent que les risques extrêmes assortis d'un plafond de garantie et d'une franchise. Cela revient donc à travailler sur des tranches de risques dont les distributions sont tronquées et dont les variances et espérances deviennent ainsi définissables.

Tout l'enjeu réside dans le choix de couvrir telle ou telle tranche de risque, de se positionner et de les dimensionner au plus juste.

Sur un plan technique, les conséquences des ouragans Katrina, Andrew, le tsunami dans l'océan indien, le tremblement de terre de Kobe et bien d'autres encore, ont clairement montré les incompatibilités d'échelle entre l'étroitesse des limites administratives et la couverture géographique de telles catastrophes. Les compagnies d'assurance, en réponse à cette problématique, ont clairement restructuré géographiquement leurs stratégies financières après ces années d'enchaînement de grandes catastrophes.

En conséquence, la pression des marchés financiers envers les assureurs les a peu à peu contraints à limiter la volatilité de leurs résultats en transférant cette volatilité vers les organismes de réassurance qui, aujourd'hui, se retrouvent confrontés à ces mêmes contraintes. En réaction à cette situation, les solutions à la portée des réassureurs sont globalement doubles :

- Demander en compensation de cette couverture de la volatilité, des prix très élevés. Solutions limitées dans un marché de la réassurance très concurrentiel.
- Maintenir avec l'ensemble des cédantes qui composent le portefeuille du réassureur un volume d'affaires suffisamment diversifié afin que celui-ci permette de couvrir cette volatilité par une large gamme de risques couverts.

Cependant, la première possibilité développée historiquement, jusqu'à voir l'émergence de sociétés spécialisées dans la couverture de risque de pointe, a connu des déboires notamment avec la pression des agences de notation qui ont fortement dégradé la note de ce secteur en poussant, de facto, vers une recherche de diversification plutôt que de spécialisation.

Concernant la couverture des risques, le changement majeur en cours concerne le déplacement des standards sur lesquels la réassurance porte. De la protection du résultat en tant que facteur prépondérant, aujourd'hui le recours à la réassurance se fait en premier lieu pour sa contribution aux fonds propres en proposant une alternative efficace à leurs allègements.

Avec l'avènement de ces nouvelles références, en parallèle se développe une demande de la part des compagnies cédantes, en préalable à l'achat de tel ou tel type de couverture, au niveau de l'analyse des risques tant du point de vue de leur probabilité d'occurrence que de leur fréquence (Redier, 2009).

## 1.2.2. Un secteur en mutation

Les besoins proviennent en partie de la pression mise par les autorités de contrôle et des acteurs au poids de plus en plus important comme les analystes financiers ou encore les agences de notation dont l'aura internationale n'est plus à démontrer.

D'une manière générale, chacune des parties prenantes à ce domaine d'activité exprime des intérêts ou, a minima, des besoins pour acquérir des références en la matière au moyen de modélisation.

Dans ce contexte, la modélisation des risques impacte fortement les acteurs sur leurs approches techniques avec, en ligne de mire, la crainte d'une uniformisation de l'offre. Ce scénario devient inévitablement inadéquat aux attentes des cédantes dont les besoins résultent de stratégies différenciées quant à l'appétit au risque, c'est-à-dire de l'équilibre entre cet achat de protection et la rétention du risque.

Nonobstant tous les efforts de gestion de ces risques extrêmes, deux aspects, et non des moindres, ne sont pas maîtrisables par les réassureurs. Le premier concerne la compréhension, l'acceptation et donc la confiance des marchés financiers sous-jacents à ce secteur évoluant sur une échelle de temps plus vaste. En conséquence, leurs résultats doivent s'entendre sur des périodes pluriannuelles. Le second réside en l'occurrence d'un événement catastrophique majeur (tremblement de Terre en Californie ou tout autre phénomène capable de mettre à mal l'ensemble de ce secteur économique) dont chacun espère ne pas vivre un jour sa survenance.

La crise financière a eu un effet négatif sur le secteur de la réassurance. De l'absence de la gestion des risques financiers à la création puis à la démocratisation de pratiques et/ou de produits financiers générant des risques et des incertitudes, la crise a soulevé d'importantes questions sur les fondations d'un système tout en entier où, seule, l'intervention de l'Etat de manière massive a pu ou su sauver des institutions financières dont certaines comptaient parmi les leaders mondiaux. Au final, l'interrogation principale, eu égard à ce contexte, concerne la capacité du système assurantiel actuel à considérer la réassurance comme intervenant en dernier recours. En effet, qu'advierait-il de ce secteur en cas d'occurrence d'une grande catastrophe à l'échelle mondiale ?

En parallèle, les tendances actuelles du marché tendent à l'unisson vers une réévaluation générale à la hausse du niveau de risque via une augmentation des cotisations et également, une diminution du capital des réassureurs. Ceci s'explique au moins en partie par la montée en puissance de certains risques, inhérente à l'enchérissement des biens assurés, à la concentration des risques, aux évolutions technologiques, aux possibles augmentations de la fréquence des événements catastrophiques. De cela, il résulte également un renforcement du besoin de réassurance et laisse augurer de nouvelles possibilités voire de nouvelles opportunités pour le marché.

D'une manière générale, les risques auxquels sont soumis les réassureurs sont en pleine évolution. Que ce soit l'émergence de nouveaux risques comme c'est le cas actuellement en dépendance ou en santé, ou la réalisation des scénarios du changement climatique et de ses conséquences sur la fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes, il ressort clairement que les marges d'incertitudes (déjà grandes par nature) qui planent sur les queues de distributions au niveau de la sinistralité des événements de faible probabilité d'occurrence, ne peuvent aller qu'en s'accroissant.

### **1.3. LE FINANCEMENT DES RISQUES CATASTROPHES**

Le financement des risques fait l'objet d'une politique dérivée de l'équilibre entre politique de rétention et l'appétit au risque, propre à chaque assureur, dans le respect des règles édictées en matière de solvabilité.

L'objet principal est double : le premier concerne la maîtrise de la solvabilité et le second vise à réduire la marge de volatilité du ratio combiné. Dans ce domaine, les règles sont clairement énoncées et font l'objet principal de la Directive Européenne Solvabilité II qui œuvre à l'amélioration de la compréhension des risques auxquels les professionnels de l'assurance sont soumis, de par leurs activités, afin d'être en mesure d'allouer suffisamment de capitaux pour les couvrir.

Un des principaux piliers de cette directive concerne la définition des normes quantitatives de calcul des provisions techniques et des fonds propres à travers deux indices fondamentaux : l'un définissant le capital minimum requis pour qu'une société d'assurance puisse exercer et l'autre, s'intéressant au capital nécessaire pour assurer la solvabilité notamment en cas de survenance de grande catastrophe.

Dans le cadre de ces travaux, l'intérêt se porte principalement sur le second indice puisqu'il se fonde sur l'exposition aux risques, en incorporant tous les risques dont notamment : le risque de souscription (risque provoqué par un changement de situation économique, de fréquence ou de coût mettant en défaut les prévisions utilisées pour le dimensionnement de la prime à la souscription), le risque de crédit, le risque opérationnel (Bâle II définit le « risque opérationnel comme celui de pertes directes ou indirectes dues à une inadéquation ou à une défaillance des procédures, du personnel et des systèmes internes »), le risque de liquidité (placement financier difficile à vendre rapidement notamment en temps de crise exposant ainsi à des pertes conséquentes) et le risque de marché (fluctuation du cours des actions, des taux d'intérêts, des taux de change, des cours de matières premières...). Cette définition exclut le risque de réputation (risque de perte résultant d'une atteinte à la réputation de l'institution bancaire) et le risque stratégique (risque de perte résultant d'une mauvaise décision stratégique).

#### **1.3.1. Méthodes employées pour l'estimation des risques**

Eu égard au contexte législatif en vigueur, actuellement deux solutions coexistent pour mesurer les risques financiers auxquels un assureur est exposé :

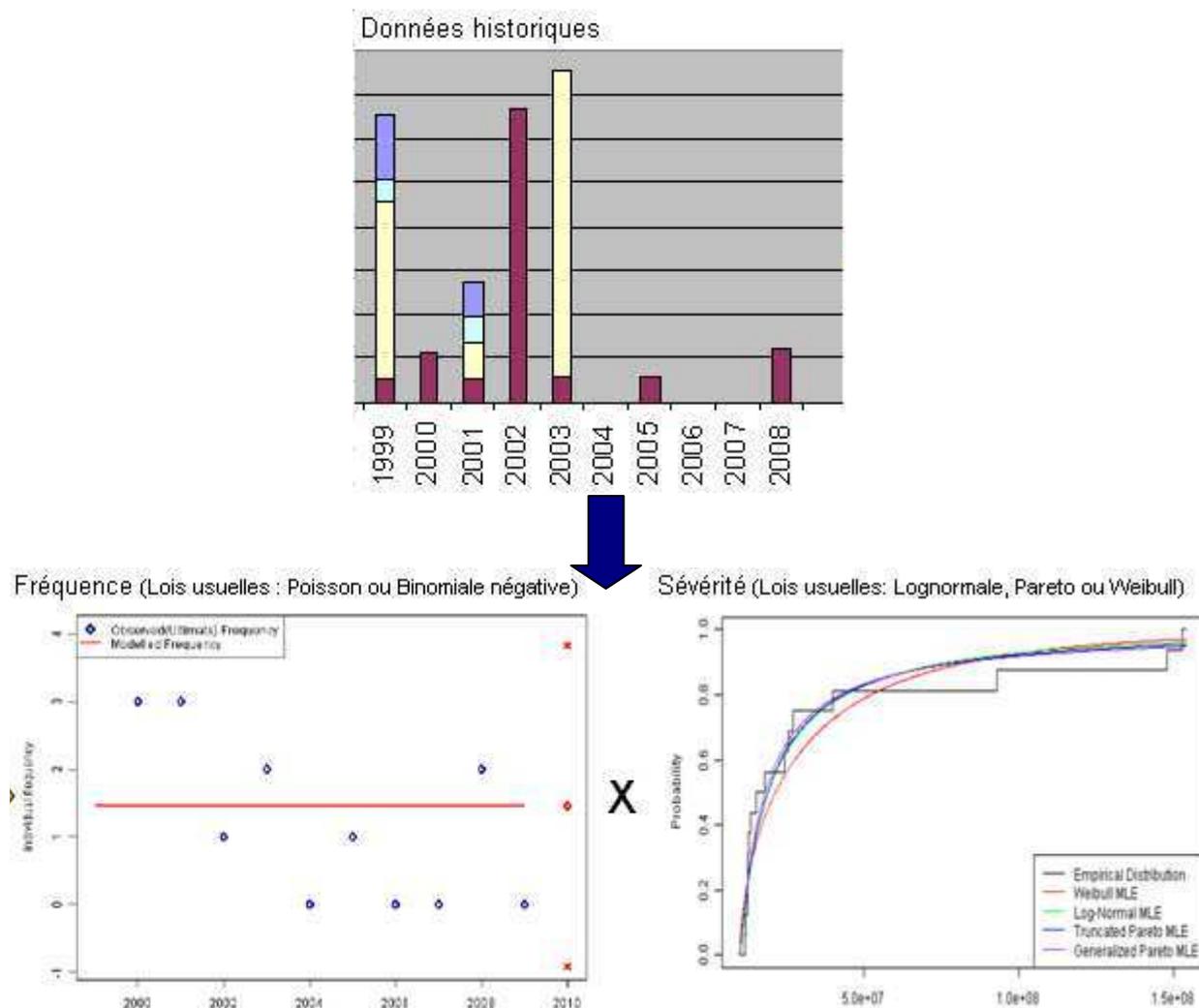
- L'application de la formule standard de l'EIOPA (European Insurance and Occupational Pension Authority). L'élaboration de cette méthode a été menée conjointement et sur la base du volontariat, avec l'ensemble des organismes d'assurance française. L'objet principal est d'évaluer l'impact quantitatif et qualitatif de la mise en pratique du modèle standard tel qu'il est aujourd'hui établi. Principalement, le QIS (étude quantitative d'impact) porte sur le pilier I de la Directive Solvabilité II à savoir, le calcul des provisions techniques, le calcul du

capital de solvabilité requis et le classement des fonds propres. L'intérêt de cette méthode, qui se trouve donc à disposition de l'ensemble des acteurs du marché, est sa relative simplicité quant à sa mise en œuvre. Néanmoins, il demeure possible de personnaliser les facteurs de calculs selon les spécificités de chaque assureur et de leur portefeuille.

- Le développement d'un modèle interne propre à chaque assureur. C'est la solution encouragée par les pouvoirs publics et les agences de contrôle. Elle consiste à faire monter en compétence sur ce sujet les assurances et mutuelles. La connaissance des risques, la manière de les appréhender et de les mesurer, constituent un véritable levier pour assurer et pérenniser des bonnes pratiques en la matière. En effet, l'idée sous-jacente part du postulat que chaque assureur est le plus à même d'identifier les risques auxquels son entreprise est soumise. Le prix à payer pour créer et in fine piloter ces risques est la mobilisation de ressources et de moyens importants dédiés spécifiquement à ce sujet.

Dans ce cadre, des méthodes et outils ont été développés. Sur la partie correspondant au périmètre de ces travaux, une approche a été développée et proposée par AXA France. Par exemple, l'estimation des pertes futures sur des risques comme l'inondation est réalisée via l'analyse de la sinistralité historique observée :

- Direct Loss : estimation directe de la fréquence et de la sévérité à partir du coût historique des sinistres avec la possibilité de compléter les données historiques par des scénarios de marché. Cela implique une estimation du coût en valeur actuelle des sinistres historiques, par l'application d'un coefficient d'inflation, de la prévision d'éventuels sinistres tardifs (déclarés bien après la date réelle de survenance), de l'évolution du coût des sinistres qui peuvent parfois fortement s'encherir en cas de mauvaises évaluations ou à l'issue de litiges réglés en justice.
- Destruction Rate : estimation de la sévérité selon une approche « taux de destruction multiplié par l'exposition ». Cette méthode revient en quelque sorte à estimer un taux de destruction par tranche de valeurs des biens assurés. Les taux de destruction sont soit fournis par le marché soit entrés par le modélisateur. Cette méthode empirique nécessite de connaître le montant des valeurs assurées.
- Credibility : estimation par crédibilité entre les résultats des deux lois obtenues selon les approches précédentes. La méthode de crédibilité permet d'ajuster au mieux la distribution simulée avec la distribution historique sachant que la même loi n'est pas toujours adaptée sur l'intégralité de la distribution des sinistres. L'enjeu consiste à définir les intervalles de période de retour des sinistres les plus importants ainsi que leur poids relatif sur chacun de ces intervalles. On obtient ainsi une loi « mélangée » entre, généralement, une loi issue du module Direct Loss et une seconde issue du modèle Destruction Rate.



**Figure 1-12 : Modélisation des risques selon l'approche historique.**

L'objet recherché est donc la meilleure adéquation possible entre la loi de distribution fréquence / sévérité et la sinistralité historique. Une fois déterminée, 10 000 scénarios sont produits et les 50 plus élevés sont ignorés pour rester sur une vision bicentenaire des pertes.

Bien évidemment, de nombreuses limites sont inhérentes à ces modèles (dont une représentation est donnée dans la figure 1-12). La première tient en la profondeur de l'historique de sinistres à disposition n'excédant pas 20 ans. La question se pose alors sur la pertinence de telles approches pour l'estimation de la sinistralité atypique c'est-à-dire celle ayant des périodes de retour élevées. La seconde provient de l'hypothèse sous-jacente à cette approche qui considère que la sinistralité future est totalement dépendante de la sinistralité passée, que ce soit en termes de scénario de sinistres ou concernant les évolutions de la politique de souscription (changement des franchises, composition différente du portefeuille...). Plus généralement, ce type d'approche et d'estimation est réalisé à une échelle macro. Dans le meilleur des cas, les facteurs reflétant la spatialité de la sinistralité sont à l'échelle du département. Le risque en lui-même ne bénéficie donc pas d'une meilleure appréhension et demeure dans bien des cas méconnus à travers ce type de modèle.

Du point de vue de l'appréhension financière de ces risques, quelques tentatives émergent avec le recours à des modèles marché type boîte noire et dits « clé en mains ». La validation de scénarios catastrophiques par des procédés un peu plus déterministes ne s'avère pas chose aisée. A noter, comme il va en être fait état ci-après, l'emploi des modèles de tempête.

Aujourd'hui plusieurs raisons conditionnent l'état actuel des pratiques. Tout d'abord, force est de constater que la culture inhérente aux professionnels de l'assurance demeure ancrée sur des approches historiques et souffre d'une carence en savoir-faire pour la mise en place de modèles dits par exposition couplée à un sentiment de défiance vis-à-vis de ces éléments constitutifs notamment sur la partie connaissance de l'aléa.

Ensuite, diverses embûches jalonnent le chemin menant à l'emploi de telles méthodes. Le premier réside en la détermination des engagements, c'est à dire des montants assurés. En ce sens, il faut bien comprendre, que pour un même bien, un engagement en tempête sera différent de celui pour un attentat qui sera encore différent d'un capital incendie et d'un capital inondation, etc. Aujourd'hui, leur détermination n'est pas faite, les réflexions à ce sujet sont peu ou prou engagées et même, les éléments pertinents quant à leurs déterminations ne s'avèrent pas systématiquement demandés au moment de la souscription. Seul, le capital incendie (et celui de la tempête qui diffère à peine de ce dernier) est connu. A la méconnaissance de la composante physique des risques et de celle de l'engagement financier que peut représenter tel ou tel bien assuré face à un aléa donné, s'ajoute la problématique de la localisation des biens assurés. En l'état, le géocodage du portefeuille dommage aux biens hors automobile souffre d'un score à l'adresse faible. En outre, une partie de ce portefeuille ne dispose même pas des informations nécessaires à leur géolocalisation.

Ici, pointe clairement le delta existant entre les besoins en matière de gestion de risque et l'état actuel des connaissances sur le sujet dont les éléments de base, fondamentaux quant à sa réalisation, demeurent à un stade pour le moins balbutiant.

Devant les difficultés que cela induit, le secteur de l'assurance préfère bien souvent s'appuyer sur des solutions commerciales impliquant soit l'acquisition de ces logiciels commerciaux soit le recours à des courtiers afin de se dégager de ces contraintes. Cet état de fait a pour conséquence d'accentuer la méconnaissance, à proprement parler, de ces risques.

### **1.3.2. La modélisation statistique en réassurance**

Les modèles statistiques sur les événements extrêmes, et donc leurs modélisations, proviennent d'observations sur la répartition de la charge des sinistres sur les grands risques qui stipulent que 20% des sinistres représentent 80% de la charge totale (loi de Pareto). C'est sur ce genre de considérations empiriques que furent fondés les premiers traités en réassurance en excédent (dépassant un certain montant de charge) (Beck, 2001).

L'étude des valeurs extrêmes prises s'est concentrée pour définir les lois limites possibles pour le maximum avec notamment les lois de Gumbel et Weibull. Mais ces lois n'ont pas connu d'application directe en assurance. Il convient de noter les travaux de Gumbel, sur les probabilités de débits maximum annuels sur les cours d'eau calibrés à partir d'une loi portant le même nom.

Concernant la loi de Pareto, une de ses premières applications est liée aux inondations survenues en 1953 en Hollande à la suite d'un raz-de-marée. La question qui s'est alors posée (et qui régit toujours le dimensionnement des ouvrages d'art dans ce pays) concerne le dimensionnement des ouvrages de protection (principalement les digues) afin de se protéger d'événements d'une période de retour de 10 000 ans. La question ici se pose en des termes de probabilité de non-dépassement et, à cette fin, la loi de Pareto fut retenue. Cela représente en quelque sorte la genèse des lois des excès (c'est-à-dire de non-dépassement d'un seuil) aujourd'hui utilisées dans les modèles en réassurance (Embrechts, 2004).

Ces lois ont été démontrées dans le courant des années 1970. Mais, les limites actuelles demeurent les mêmes : à partir de quelle valeur seuil l'ajustement à la loi est-il valide ou encore, à partir de quelle charge de sinistre peut-on considérer l'événement comme majeur ou catastrophique (Charpentier, 2009) ?

A partir de statistiques, (Zajdenweber, 2000) montre que les extrêmes peuvent être classifiés en deux catégories :

- les extrêmes simples : leurs valeurs, malgré les apparences, ne sont pas très éloignées des valeurs moyennes. Ils suivent une distribution log-normale.
- les extrêmes hyperboliques : très éloignés des valeurs normales, modélisés à partir de fonctions mathématiques en forme d'hyperbole et caractérisés par une queue de distribution « épaisse ».

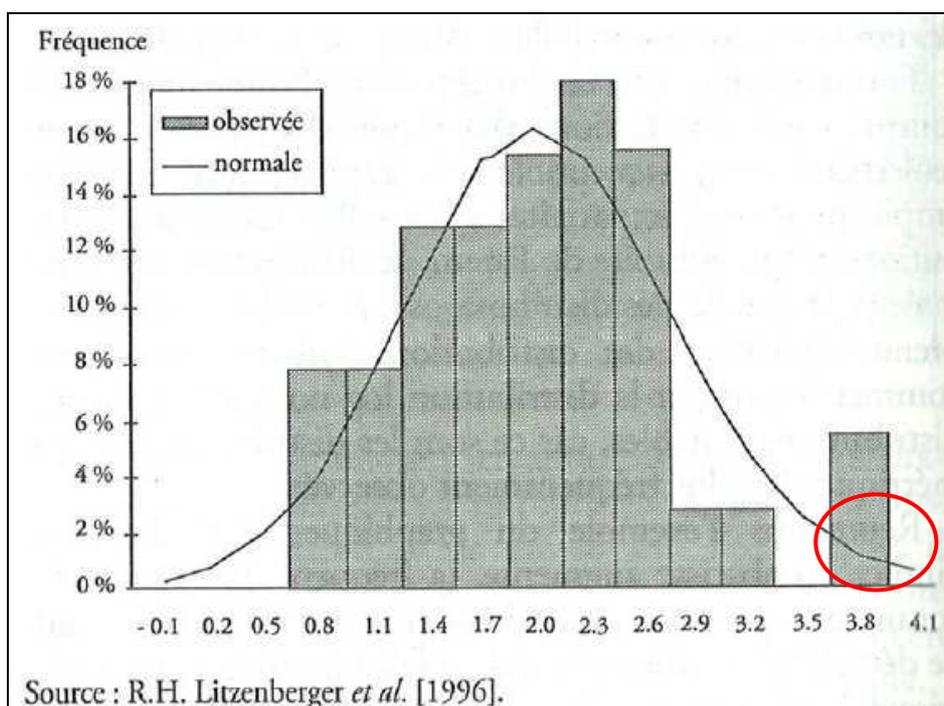


Figure 1-13 : Exemple d'une courbe de distribution des dommages générés par les catastrophes naturelles aux Etats-Unis.

Les distributions des dommages générés par des catastrophes qu'elles soient d'origines climatique ou humaine, voient donc leurs extrêmes s'ajuster à une loi de Pareto dont la valeur absolue de la pente caractérise la distribution et se note  $\alpha$ . Il indique l'importance relative des

queues de distribution. Plus la courbe est tangente à l'abscisse, plus  $\alpha$  est petit et plus les valeurs extrêmes dans les queues de distribution sont extrêmes et par conséquent, la prime pure est infinie (ce qui signifie que le risque n'est pas assurable ou réassurable).

Bien entendu, à mesure que l'on se déplace vers la droite du graphique présentée dans la figure 1-13, et que l'on observe des valeurs extrêmes de charge, la fréquence diminue également. Tout l'enjeu consiste à définir la part de risque c'est-à-dire jusqu'à quelle probabilité d'occurrence le seuil sera placé.

A titre d'exemple, des études menées par (Zajdenweber 2000) ont montré que le coefficient  $\alpha$  était égal à 1,22 dans le cas des ouragans de la côte Est des Etats-Unis illustrant bien ici le phénomène de concentration.

Bien entendu, d'autres méthodes existent, plus simples en apparence, par exemple l'utilisation du coût moyen historique observé sur les événements passés. Plusieurs limites se posent. D'une part, cela revient à considérer que la sinistralité passée est totalement représentative de la sinistralité à venir et, d'autre part, que l'historique sur la tranche étudiée soit disponible ce qui devient de moins en moins sûr à mesure que l'on étudie les tranches élevées.

### **1.3.3. Les modèles proposés sur le marché**

Afin de contourner ce problème, et outre le recours au lissage des risques via l'achat de couvertures de réassurance, les assureurs doivent se diriger vers l'appropriation de méthodes plus déterministes se fondant sur la modélisation de scénarios d'aléa au moyen d'outils adaptés. L'objet pouvant revenir simplement à fournir des scénarios extrêmes de pertes, allant au-delà des informations tirées de la sinistralité historique. Cela doit permettre, dans une certaine mesure, de rationaliser les queues de distributions des lois de pertes en rapprochant les estimations faites d'un scénario plus déterministe. Dans cette optique, le recours aux nouvelles technologies de l'information géographique peut s'avérer être un moyen pertinent et se poser comme un des piliers pour l'élaboration de modèles agissant soit en parallèle soit en soutien des modèles ou techniques actuariels bien maîtrisés.

La pertinence de cette orientation de recherche est étayée par l'existence de véritables modèles développés à l'étranger par des sociétés privées spécialisées dans la modélisation des catastrophes. Citons, à titre d'exemple, les plus employés d'entre eux comme le modèle RMS (Risk Management Solutions), le modèle EQE ou encore AIR, dont les méthodes de modélisation des risques s'avèrent sujettes à caution pour leur transposition au contexte français. Diverses raisons à cela, tout d'abord elles s'appuient sur des modèles stochastiques (ou probabilistes) de scénarios catastrophiques (inondation, ouragans, tempêtes, etc.) calibrés d'après des séries d'événements historiques. Ensuite, ils fonctionnent à des échelles macro et utilisent des données internationales et à dire d'expert impossibles à comparer puisque non diffusées.

Le principe de fonctionnement de ces modèles repose sur l'utilisation d'une courbe associant la sinistralité à une période de retour. Cela sous-entend que l'exposition du portefeuille est connue et fournie en entrée au modèle. De manière usuelle, deux types d'informations en

sortie sont attendues. Puisque plusieurs événements peuvent survenir dans une même année, deux approches sont envisagées : une courbe présentant la sinistralité par événement (OEP) et une courbe présentant la sinistralité annuelle attendue (AEP). Ces courbes sont présentées dans les figures 1-14 et 1-15 respectivement.

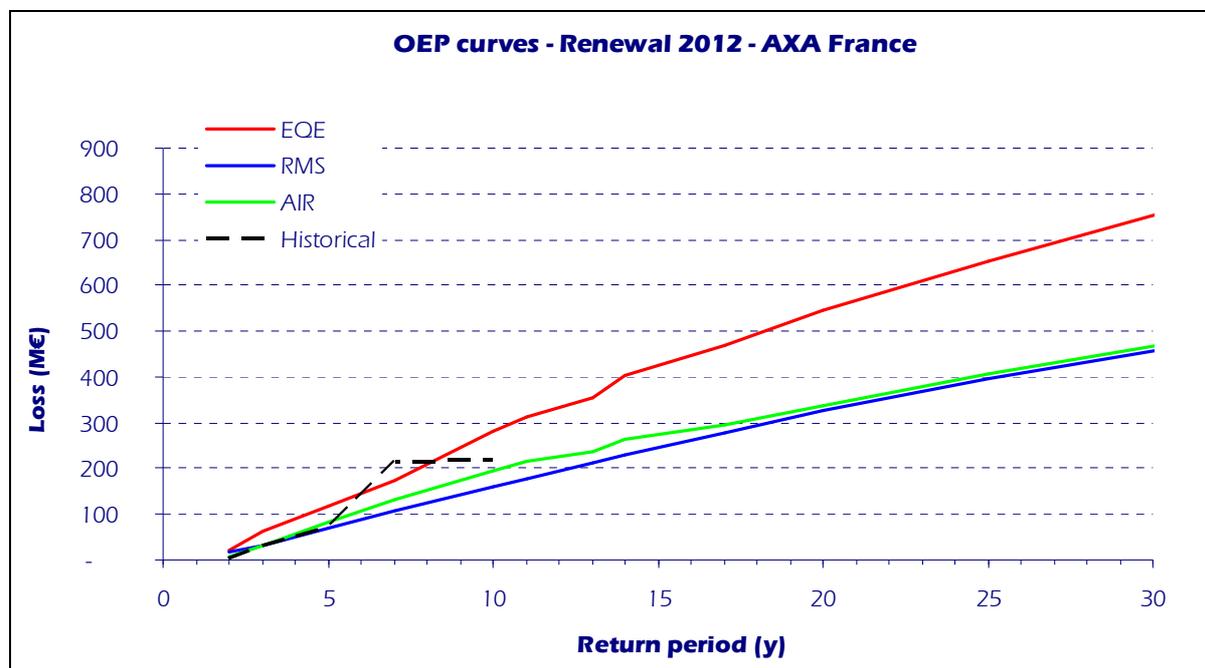


Figure 1-14 : Graphique montrant les courbes d'OEP pour l'aléa tempête 2012 des logiciels AIR, RMS et EQE appliquées au portefeuille d'AXA France (source : AXA).

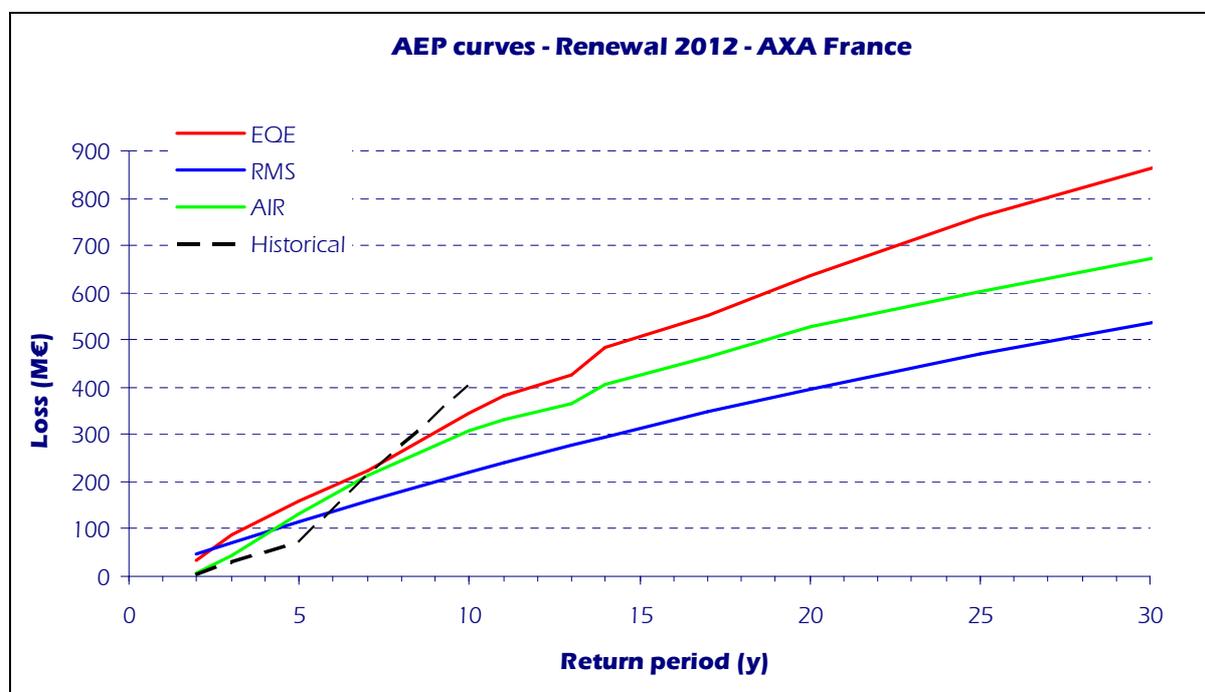


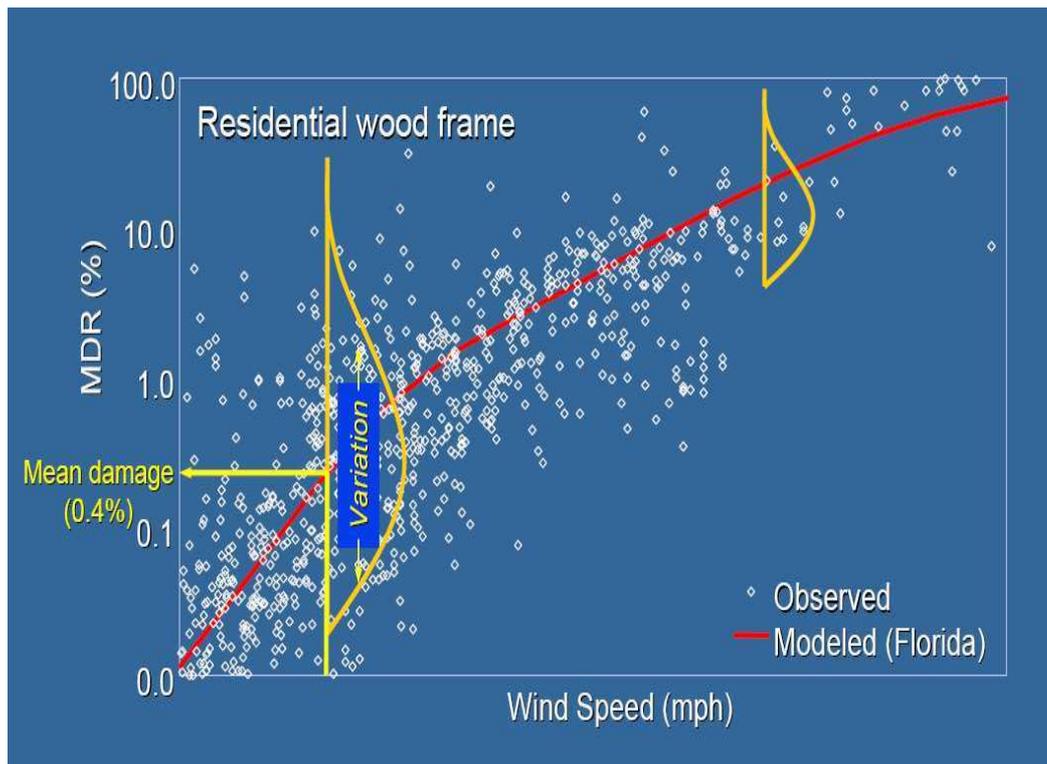
Figure 1-15 : Graphique montrant les courbes d'AEP pour l'aléa Tempête 2012 des logiciels AIR, RMS et EQE appliquées au portefeuille d'AXA France (source : AXA).

De ces courbes, il ressort que les estimations proposées par le logiciel EQE se rapprochent le plus de la sinistralité historique d'AXA France. Mais, il apparaît que les écarts peuvent être, dans tous les cas, significatifs. L'AEP pour une période de retour de 10 ans s'élève historiquement à 400 M€ alors que les modèles fournissent des estimations allant de 220 M€ à 350 M€. Les tendances présentées montrent clairement que les modèles surestiment les AEP sur les périodes de retour inférieures à 5 ans et sous-estiment les AEP sur les périodes de retour supérieures.

Ces limites peuvent s'expliquer par :

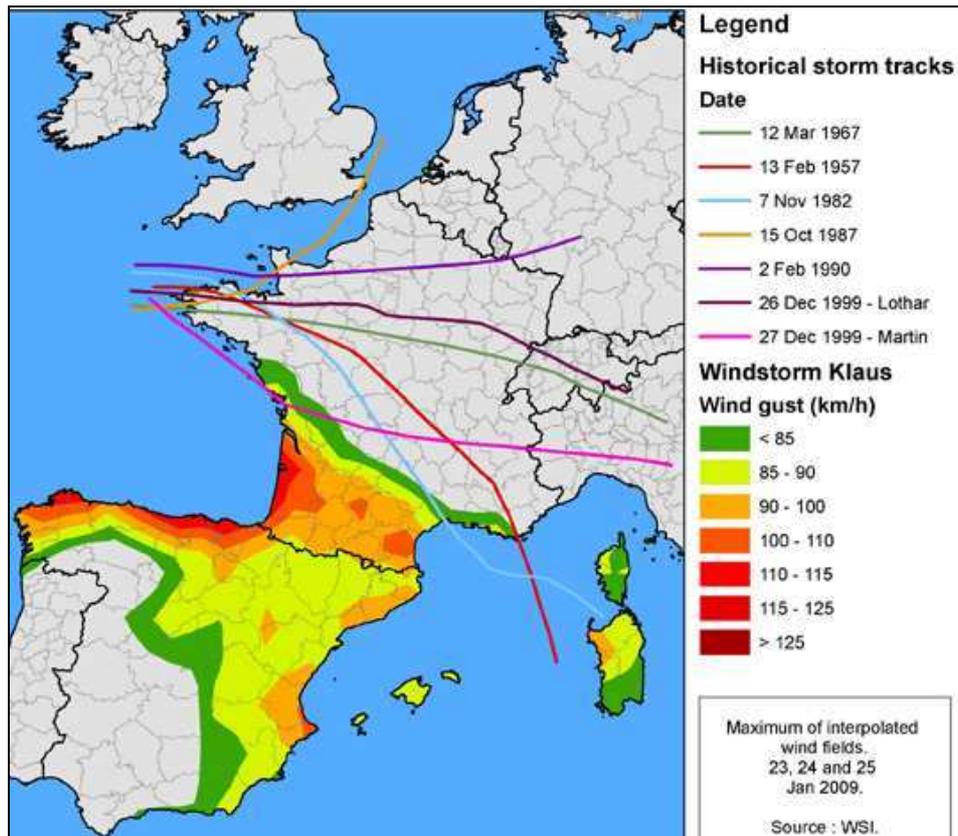
- Des données erronées en entrée quant à la répartition des expositions sur les territoires ainsi qu'une mauvaise segmentation des risques,
- Une correspondance inadéquate entre les typologies de l'assureur et du modèle dont la frontière entre un risque industriel et un risque de type commerce peut s'avérer mince et fixer dans certains cas de manière arbitraire,
- Des erreurs ou des inexactitudes peuvent provenir d'erreurs ou d'imprécisions de la part du générateur de scénario d'aléa soit en fréquence soit en intensité,
- Des approximations dans la partie liant une intensité d'aléa aux dommages lorsque la vulnérabilité réelle d'un lieu de risque ne correspond pas à celle préenregistrée par le modèle,
- Des imprécisions dans la répartition des expositions avec des hétérogénéités des expositions à l'intérieur des mailles de calcul.

Le recours à ces logiciels « clés en main » permet à une société d'assurance de simuler leur propre sinistralité sans que les entreprises, qui fournissent les modèles, ne soient obligées de révéler le cœur du modèle à savoir les courbes de dommages. Il faut également ajouter que l'ensemble des événements qui servent de base aux simulations proviennent non pas d'événements historiques mais de variantes de ceux-ci



**Figure 1-16 : Exemple d'une courbe de dommage utilisée par ces modèles (en théorie) avec la représentation des incertitudes sur la valeur des dommages.**

La figure 1-16 montre les limites de l'agrégation de données sinistres s'étant déroulés sur de longues périodes. Malgré l'échelle logarithmique, de fortes incertitudes apparaissent dans ces données limitant de ce fait la précision des résultats. La multiplication des scénarios (10 000 simulations) permet de limiter et de lisser ces erreurs et de proposer ainsi des dommages pour différentes périodes de retour.



**Figure 1-17 : Les trajectoires de tempêtes utilisées dans le modèles RMS pour la création du jeu d'aléa. En rouge, figurent les dommages générés par la tempête Klaus.**

Cette figure montre clairement qu'aucune des trajectoires enregistrées dans le modèle ne s'approchait de celle observée lors de la tempête Klaus. Cela met ainsi en défaut le générateur d'événements via ces approches stochastiques ou probabilistes. A l'échelle mondiale, l'épisode de Katrina a montré les limites de ces modèles dont les résultats pour cet événement varient fortement selon le modèle employé. Les fourchettes hautes annoncées par les firmes AIR ou EQE se situaient entre 9 et 25 Mrd de dommages alors que le coût réel s'élève à près de 50 Mrd en pertes assurées.

En outre, des mises à jour cycliques viennent perturber la stabilité de ce marché. En effet, une des sociétés leaders dans le secteur de la modélisation des tempêtes, RMS, vient de publier une mise à jour de son logiciel éponyme (juillet 2011) pour ces modèles américain et européen. Techniquement, il a été introduit dans le modèle mathématique une diminution de la probabilité de survenance d'une tempête de grande ampleur mais un relèvement des courbes de dommages (RMS, 2011). Dans les faits, cela se traduit en Europe par une augmentation du coût de la sinistralité tempête prévue par ce modèle, d'environ 20% (estimations obtenues pour l'exposition d'AXA France), laissant augurer d'une répercussion inéluctable sur les primes due à une possible contraction de l'offre de réassurance sur ce risque.

Ceci révèle un constat bien étonnant. Ces sociétés ont su créer une véritable dépendance de la part des compagnies d'assurance à leurs modèles. Qu'une simple mise à jour d'un de ces logiciels puisse provoquer une onde de choc sur l'ensemble du marché mondial de réassurance et in fine, pèse sur les comptes de résultats des sociétés, met en exergue un

paradoxe alarmant : la prise du pouvoir décisionnel par les modèles au détriment de la connaissance, du savoir-faire et donc du jugement des équipes dédiées à l'appréhension de ces risques au sein des professionnels du secteur. Une telle dépendance menant à faire confiance aveuglément à ces modèles devenus au fil des ans de véritable standard montre que la maîtrise des risques repose parfois sur des éléments hors du champ de compétences des professionnels de l'assurance et qu'une confiance bien souvent aveugle est accordée à des sociétés proposant des outils « clés en main » du type boîte noire dont l'expérience a montré à maintes reprises un défaut de prévision des derniers événements majeurs.

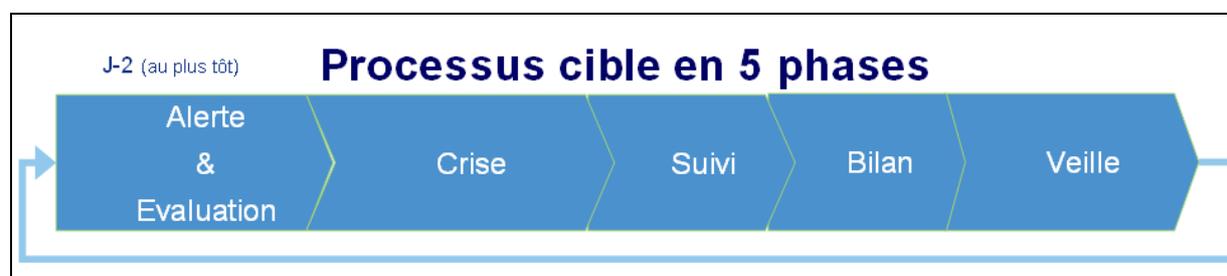
Outre l'impact pécuniaire, l'occurrence d'événements d'ampleur se traduit, à l'aune d'un assureur, à de multiples niveaux. La partie suivante s'attache à décrire l'impact latent de ces événements sur l'activité quotidienne ainsi que sur l'organisation d'une société d'assurance.

## 1.4. ZOOM SUR LA GESTION D'UN EVENEMENT D'AMPLEUR

Lors de l'occurrence d'un événement majeur, l'assureur joue un rôle prépondérant à tous les niveaux de la crise et doit faire face, à ce titre, à des attentes fortes se déclinant par un afflux massif et concentré dans le temps de sollicitations. L'enjeu est d'autant plus important que la plupart des événements d'ampleur sont très médiatisés et que la moindre fausse note dans la relation assureur-assuré peut porter atteinte à l'image de la marque.

### 1.4.1. Un processus cyclique

Appréhender la gestion d'un événement majeur dans son ensemble nécessite la mise en place d'un processus complet permettant de délivrer aux assurés un service de qualité durant la période de crise. Un des enjeux consiste à démontrer sa capacité d'accompagnement du client et la continuité des prestations de service même en cas d'un afflux massif de sollicitations engendré par l'occurrence d'un événement d'ampleur .



**Figure 1-18 : Processus cible dont l'ambition vise à la continuité des engagements de service pendant la période de crise.**

Le processus cible, tel qu'il est aujourd'hui défini au sein de la société AXA, s'articule autour de cinq phases et forme une boucle d'apprentissage fondée sur le retour d'expérience. Une illustration est présentée dans la figure 1-18.

Chacune de ces phases s'inscrit dans une fenêtre temporelle bien précise et doit apporter son lot d'informations fiables dans des temps restreints afin d'alimenter les processus décisionnels relatifs aux multiples facettes de la gestion de ces événements à savoir :

- L'alerte et la prévention :
  - évaluer l'ampleur des événements,
  - activer le dispositif de pré-crise ou crise,
  - s'assurer de la fiabilité des canaux de diffusion de l'information,
  - contacter les décisionnaires,
  - informer.
- La crise :
  - s'assurer que l'ensemble du processus se déroule « conformément »,
  - évaluer et agir sur la part irréductible d'imprévu,
  - informer.
- Le suivi :
  - analyser la satisfaction des clients,
  - analyser le traitement des cas particuliers graves, sensibles, litiges.
- Le bilan :
  - définir le coût réel,
  - réaliser un retour d'expérience,
  - partager avec les participants et apporter de la reconnaissance.
- La veille :
  - préparer la crise suivante,
  - sensibiliser et former,
  - préparer et simuler,
  - restituer le bilan et actualiser du plan de crise,
  - faire progresser les moyens, méthodes et outils.

Ce processus s'inscrit notamment dans les ambitions du groupe AXA avec la volonté forte de se doter des moyens nécessaires afin d'avoir une gestion proactive des sinistres d'événements d'ampleur, de s'assurer des suivis des engagements de la marque, d'accompagner le client de

manière efficace et sereine dans ces moments difficiles et de mettre en place une réelle politique préventiviste.

### 1.4.2. La gestion de ces événements : un défi de taille

Un des éléments fondamentaux pour la gestion de crise consiste à réussir à en prendre la bonne mesure, à la dimensionner rapidement et au plus juste afin de fonder les décisions sur des éléments tangibles. Le but recherché étant, d'une part, de fournir une photographie de la situation à laquelle il faut faire face et d'autre part, de réduire au maximum le décalage entre la lecture faite de l'événement et la réalité terrain.

Une des problématiques classiques face à de tels événements concerne l'allocation de ressources humaines adéquates pour répondre à l'afflux d'appels téléphoniques des assurés enregistré lors de l'occurrence d'un événement catastrophique. La figure 1-19 montre, à titre indicatif, le pic d'activités enregistré lors de la tempête Klaus en 2009.

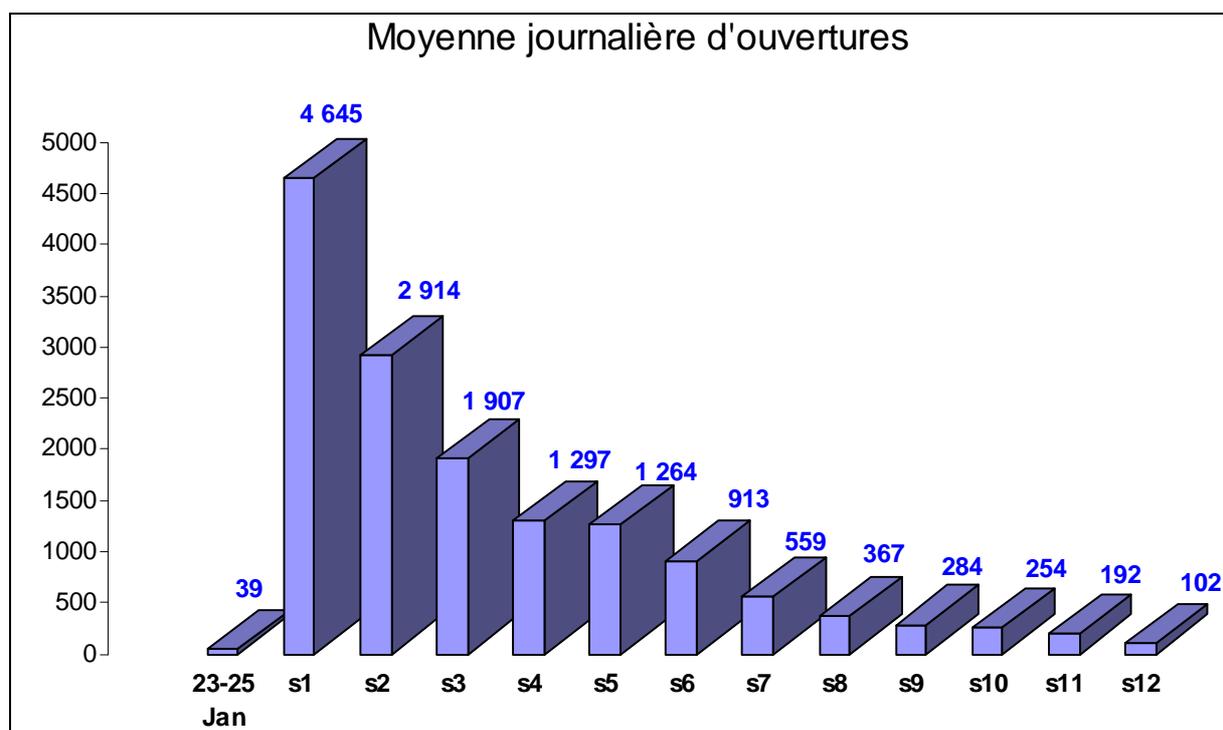
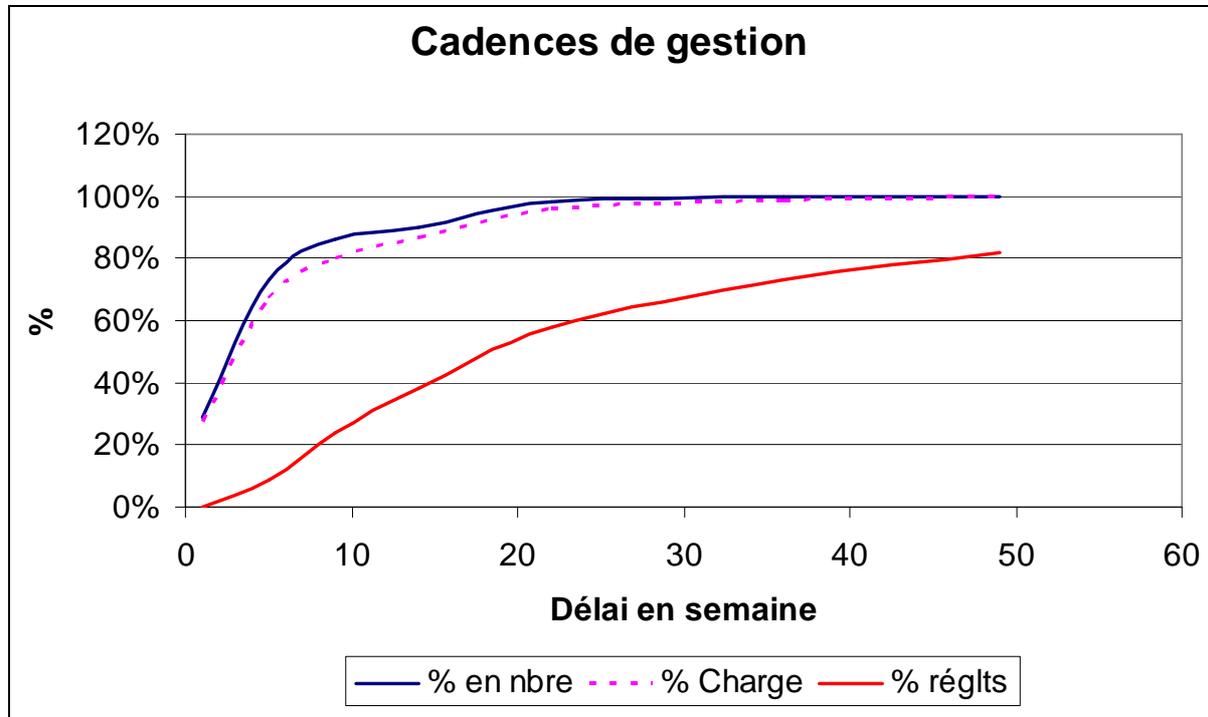


Figure 1-19 : Exemple de la mobilisation d'AXA dans la gestion d'un événement d'ampleur : la tempête Klaus de 2009 (chiffres : AXA).

Lors de la tempête Klaus survenue entre les 23 et 25 janvier 2009, les équipes de gestion des sinistres ont été confrontées à plus de 100 000 appels la première semaine suivant l'événement, pour un total de 300 000. Cette hausse correspond à une multiplication par un facteur trois par rapport à une période normale. Au total, près de 2 000 personnes ont été mobilisées.

Malgré cette volonté forte, force est de constater qu'une partie des tenants à la gestion de l'événement dans sa globalité n'est pas à la main de l'assureur. Comme le montre la figure ci-dessous, de nombreux sinistres sont ouverts plusieurs semaines voire plusieurs mois après l'événement générateur du sinistre.



**Figure 1-20 : Exemple de la cadence de gestion de la sinistralité en termes d'ouverture de sinistres, de la charge de l'événement et du règlement de ces sinistres lors de la tempête Klaus survenue en 2009.**

Cette figure montre que, lors de la tempête Klaus de 2009, la phase d'ouverture des dossiers sinistres (c'est-à-dire correspondant au moment où le sinistre est déclaré par le client), s'est déroulée sur 5 mois. Ce chiffre s'explique notamment par les propriétaires de résidences secondaires ou par des sinistres non-apparents comme, par exemple, le déplacement de tuiles sur un toit qui se manifeste par des infiltrations d'eau au moment des premières pluies succédant l'événement.

Du point de vue du règlement, seule la moitié de la charge a été réglée au bout de ces 5 mois. Un des freins majeurs est le manque cruel de moyens et de ressources au niveau de l'expertise (déplacement d'un expert pour l'évaluation du montant du préjudice). Cela constitue un véritable goulot d'étranglement dans la chronologie d'un dossier sinistre.

En dernier point, et fait qui n'apparaît pas dans cette figure, il faut également mentionner les délais parfois très longs de la réparation en elle-même. Lors de ce type d'événement, l'ensemble des corps de métiers dédiés à la réparation sont débordés et ne peuvent faire face à la demande de travaux qu'au prix d'un temps d'attente pouvant s'allonger sur plusieurs mois. Par exemple, lors de l'explosion de l'usine AZF, une carence chez les miroitiers s'est clairement fait sentir à la fois en termes de mains d'œuvre mais également de matériaux. Tous les stocks de vitres de la région toulousaine ont été vidés en quelques semaines allongeant d'autant les délais de réparation.

### 1.4.3. Les enjeux de la gestion de ces événements

De cet impact sur l'organisation même des compagnies d'assurance, les conséquences qui découlent rejaillissent irrémédiablement sur la chaîne de valeur assurantielle. En effet, cela se traduit parfois, au sein du processus de gestion des sinistres, en retard et autres dysfonctionnements pénalisant directement les clients. D'un point de vue opérationnel, la non-anticipation de ces événements ou le mauvais dimensionnement de la réponse se traduit par des répercussions sur les conditions de travail des collaborateurs, notamment ceux en contact direct avec les clients. En outre, l'attente est grande de la part des clients souvent en état de choc suite à ces événements. Un défaut ou un manque de son assurance en termes de disponibilité, attention et/ou réactivité peut générer un sentiment d'abandon ou de laissé pour compte pouvant s'avérer irréversible, mettant ainsi en péril l'adhésion d'un assuré à son assureur.

Les grands événements passés ont permis de tirer divers enseignements. En effet, leurs occurrences peuvent déclencher des réactions comportementales fortes de la part des assurés mais aussi des acteurs de l'assurance eux-mêmes.

A l'aune de l'assuré, le sentiment d'abandon apparaît de manière récurrente. A son origine, il s'agit simplement de perturbations dans l'accès aux services d'assistance et de déclaration de sinistre dues à un dimensionnement du réseau inadapté. Il s'ensuit une réaction en chaîne débutant par des retards dans l'enregistrement des déclarations de sinistre. Ensuite, cela retarde d'autant le missionnement des experts et donc décale les dates des visites des sinistres par les experts et des réparateurs ce qui génère, en bout de chaîne, un allongement des délais menant au règlement du sinistre.

En interne, l'occurrence de ces phénomènes et leur non-anticipation entraînent pour les équipes en charge de la gestion des sinistres et de l'assistance aux clients, un surplus de travail pouvant être très intense et requérant une disponibilité totale pendant les quelques jours suivant l'événement. En outre, l'incertitude liée aux consignes à appliquer lors de la déclaration de sinistres (modification des plafonds de charge pour l'expertise, exonération de garanties...) pèse sur la qualité de l'information transmise aux assurés. Au final, un sentiment d'impuissance peut poindre découlant de cette surcharge de travail et de l'incapacité à répondre aux attentes des assurés dans les délais habituels.

Au final, les équipes commerciales se retrouvent confrontées elles aussi aux conséquences de ces événements. Cela se décline en un sentiment d'incapacité à communiquer des moyens efficaces et sûrs pour déclarer les sinistres ainsi que des conditions particulières d'indemnisation mises en place ou encore, aux difficultés à formuler des réponses cohérentes aux multiples réclamations et plaintes des assurés qui subissent de plein fouet les carences du système de gestion des sinistres. Si l'on ajoute à cet environnement la pression médiatique, l'absence de solutions, de lignes de conduite à tenir et parfois même de communication, la situation peut relever d'une désorganisation totale de l'outil de gestion.

Dans ce contexte, il apparaît indispensable de pouvoir anticiper ce type d'événement, afin de s'y préparer de manière proactive et de ne pas faire subir aux assurés et aux équipes internes les effets néfastes d'une désorganisation générale de l'entreprise.

En parallèle des enjeux organisationnels et internes, d'autres apparaissent et prennent une importance croissante. La dimension médiatique et politique entourant l'occurrence de ces

événements dès les premiers instants propulse les assurances au devant de la scène. En termes d'image, de marque, les enjeux sont élevés et relèvent de ce fait de la stratégie de l'entreprise. La gestion de crise nécessite bien souvent une réactivité et une prise de décision quasiment en temps réel quant aux conditions de gestion parfois avant d'avoir pris l'entière mesure de l'événement en cours.

Par exemple, l'épisode météorologique qualifié de « tornade » qui s'est déroulé le 3 août 2008 sur la commune d'Hautmont (département du Nord) et celles adjacentes, expose bien les pressions subies par le monde de l'assurance. Outre, la déclaration en état de Catastrophe Naturelle (alors que les effets du vent ne font pas partie dudit régime), l'Etat a nommé un médiateur issu de l'Inspection Général des Finances dont la mission a consisté à « faciliter un processus rapide d'indemnisation des personnes ayant subi des dommages » (AFP, août 2008) ainsi qu'un suivi du rythme d'indemnisation. En d'autres termes, cela revient à reconnaître implicitement la mauvaise gestion de ce type d'événement par les assurances et leurs incapacités à y faire face par eux-mêmes. Les montants d'indemnisations ont été également critiqués publiquement. Bien que l'enjeu financier soit limité pour cet événement dont le coût marché s'élève à 40 M€, c'est bien l'image de marque et le professionnalisme du secteur qui sont mis en branle sur la scène médiatique.

Au final, on assiste à un autre aspect de la problématique des événements d'ampleur s'inscrivant dans la lignée du précédent. Cela concerne la surenchère d'annonces de mesures exceptionnelles visant à élargir le périmètre contractuel des conditions d'indemnisation des sinistres.

Le point d'orgue a été atteint lors des tempêtes de 1999, véritable révélateur du manque d'anticipation et de préparation du secteur de l'assurance face à ces événements. La ligne de conduite s'est forgée au fil de l'eau. Chaque compagnie déclarant à tour de rôle des dérogations aux contrats générant, au final, une confusion généralisée. Celle-ci s'est traduite par une incompréhension des assurés quant aux conditions auxquelles ils avaient droit. En parallèle, la pression a été forte au niveau des gestionnaires dont les consignes n'ont cessé de changer, au gré des déclarations, quant à la mise en application par les gestionnaires sinistre des directives propres à chaque assureur.

Bien que des leçons aient été tirées, des comportements similaires ont été observés lors des tempêtes de 2009 (Klaus et Quinten) mais de façon stratégique cette fois. Les assureurs ayant saisi l'occasion de se différencier de la concurrence et de tirer profit de la couverture médiatique de ces événements en annonçant avant tout le monde des mesures exceptionnelles, allant au-delà des conditions d'indemnisations arrêtées contractuellement tels l'abandon des franchises, le rehaussement des seuils de coût déclenchant une expertise, l'allocation d'un montant forfaitaire à chaque assuré dans les jours qui suivent l'événement avant l'indemnisation totale du sinistre, l'allongement de la prise en charge des frais de relogement au-delà des quelques jours prévus au contrat...

Mécaniquement, ces effets d'annonce ont un impact sur le bilan financier de l'événement, notamment une augmentation du coût moyen des sinistres. Mais il va s'en dire que l'assureur amortit ce nouvel investissement s'il arrive à s'imposer dans ce véritable échiquier politico-médiatique.

En poussant cette logique, il se peut se révéler opportun de mieux anticiper ces événements en se préparant à leur survenance et en envisageant des moyens d'actions efficaces quant à leur

gestion. D'une manière générale, l'objectif vise à hausser sa qualité de service en démontrant sa réactivité, et donc son professionnalisme, dans une des rares fenêtres temporelles où le secteur de l'assurance est propulsé au devant de la scène médiatique. Cela requiert de concevoir de manière proactive une réponse globale et cohérente dans l'action (Godart et al. 2002). Dans cette optique, une connaissance et une compréhension accrues de la chronologie de ces événements s'imposent afin de fournir des moyens d'appréhender au plus vite leur ampleur. C'est à ces conditions qu'un panel efficient de mesures pourra être mis en œuvre afin de contrôler le risque de réputation et in fine, de créer ou de renforcer l'adhésion de l'assuré à sa marque d'assurance.

## Conclusion du premier chapitre

En conclusion de ce premier chapitre, il ressort que le secteur de l'assurance se trouve à la fois au centre et à l'interface de multiples activités et domaines de natures économiques, sociaux et organisationnels déclinés à travers la gestion d'un événement d'ampleur dont font bien sûr partie intégrante les catastrophes qu'elles soient inhérentes aux activités humaines ou générées par des épisodes météorologiques.

➤ De l'état des connaissances

D'un point de vue extérieur aux métiers de l'assurance et des risques, il peut sembler quelque peu déroutant qu'une société d'assurance ne maîtrise pas davantage son exposition aux risques majeurs et que les connaissances en la matière proviennent très souvent de ressources externes via les courtiers ou les modèles en réassurance. Ce constat s'explique par la récurrence de ces épisodes naturels animés par des cycles climatiques dont la prédiction ne peut être envisageable à un niveau de précision suffisant pour fournir des informations exploitables à des fins de prospectives. Cela interdit de fait l'emploi des méthodes statistiques classiques propres au domaine actuariel.

➤ De l'état des pratiques

Les pratiques actuelles en matière d'estimation des événements catastrophiques consistent en :

- la construction de lois probabilisées de pertes calibrées à partir d'événements observés sur les 20 dernières années. Les moyens actuels déployés quant à l'appréhension de ces risques, afin de les qualifier et de les quantifier pour répondre aux nouvelles exigences de solvabilité souffrent d'importantes limites inhérentes au manque d'observations permettant de calibrer de manière fiable et complète les distributions probabilisées de pertes pour des périls notamment sur les périodes de retour élevées.
- l'externalisation du processus en se tournant vers des solutions commerciales via des logiciels « clé en mains » proposés par des sociétés privées spécialisées dans la modélisation des catastrophes. Or leurs méthodes de modélisation des risques s'avèrent sujettes à caution notamment en France puisqu'elles s'appuient sur des modèles stochastiques (ou probabilistes) de scénarios catastrophiques (inondation, ouragans, tempêtes, etc.) calibrés d'après des séries d'événements historiques (dont les plus répandus sont RMS, EQECAT, AIR). D'une part, ceux-ci ne répondent pas à l'ensemble des attentes d'une société d'assurance (nécessité de suivre à un niveau fin comme à un niveau agrégé, des indicateurs synthétisant à la fois des données internes à l'entreprise et des données externes (par exemple le zonage des aléas) susceptibles d'évoluer au cours du temps. D'autre part, ces modèles, comme mentionné plus haut, fonctionnent en « presse-bouton » et n'offrent pas à l'utilisateur une marge de manœuvre sur le cœur du modèle, allant même jusqu'à en interdire l'accès. En outre, les différences affichées, en termes de résultats, présentées dans ce chapitre contribuent à la confusion autour des résultats fournis pouvant varier d'un facteur 2 selon le modèle et dont de simples mises à jour viennent modifier à hauteur de 20% les pertes annuelles escomptées notamment sur le péril tempête.

Si l'on combine ceci à la méconnaissance de ce type de risques induite par la loi encadrant les Catastrophes Naturelles, il en résulte un contexte lourd qui a longtemps desservi la capitalisation sur ces mêmes risques en termes de savoirs et de savoir-faire liés à l'expérience ou tout simplement, au manque d'outils et méthodes statistiques au regard de ce qui est développé pour les autres risques dans le secteur du dommage aux biens. La tarification de ces risques s'avère, avec les moyens actuels, bien délicate et rend difficile la mesure du risque et de facto, la définition de sa prime pure.

- Des tendances pressenties pour l'appréhension des événements catastrophiques

Mais les nouvelles technologies, la pression économique, la pression des nouvelles normes de solvabilité, la volonté d'établir des plans de gestion de ces événements de manière proactive ainsi que l'évolution latente (eu égard au projet de loi du 13 juillet 2011) du régime CatNat actuel, génèrent une véritable aspiration des métiers de l'assurance envers l'appropriation de nouveaux savoirs et savoir-faire. Il s'agit de nouveaux défis créés pour l'ensemble du marché dont les plus prompts à les relever prendront très certainement un avantage sur leurs concurrents.

La détermination des pertes escomptées pour les événements extrêmes qu'ils soient d'origines naturelle ou technologique, semble davantage provenir, dans une certaine mesure, d'un choix par défaut que de l'application de la méthodologie optimale pour le calibrage des lois de distribution de pertes (les méthodes par exposition ne sont pas testées puisque non-maîtrisées). Un des leviers consiste pour les assureurs à se diriger vers l'appropriation de méthodes plus déterministes fondées sur la modélisation de scénarios au moyen de modèles, démarches, outils et données plus adaptés.

- Des besoins en matière d'organisation face à ces événements

De ce contexte industriel et en parallèle de l'aspect financier du secteur particulier des risques catastrophiques, se dégagent des besoins inhérents à la gestion même de ces événements d'ampleur. L'impact de ces événements se traduit également par des enjeux d'ordre organisationnel nécessitant une cohésion et une adaptation rapide des services internes afin d'offrir aux clients une réponse immédiate et cohérente. Ajoutée à cela, la dimension médiatique et politique propre à ces événements revêt une importance particulière et offre des possibilités pouvant créer ou renforcer la relation assuré/assureur et donc l'adhésion à la marque d'assurance.

- A l'identification et la formulation de besoins spécifiques

L'orientation majeure à ce stade du manuscrit consiste à fournir les éléments fondamentaux quant à la mise en place d'une démarche alternative permettant d'une part, d'estimer le coût d'un événement d'ampleur et d'autre part, d'apporter des solutions pour améliorer la gestion de ces événements lors de leur occurrence.

Cela revient donc à mieux connaître ces risques, à mettre en place des processus permettant de les analyser à la fois pendant et hors période de crise. L'objectif consiste à proposer des moyens et outils apportant une vision analytique complémentaire de la vision statistique de

l'assurance. Cette nouvelle vision de ces risques doit apporter des éléments de réponses pour combler tout ou partie des carences actuelles. Une des principales issues consiste à élaborer une vision plus déterministe de ce type de phénomène. Dans ce contexte, l'approche géographique pour l'appréhension de ces risques s'impose comme un moyen incontournable pour explorer la voie ouverte par la problématique de ce manuscrit. Dans cette optique, le chapitre suivant s'attache à détailler cette approche en insistant sur les principes théoriques et les démarches inhérentes à cet angle d'approche.

## **CHAPITRE 2 :**

# **DU POINT DE VUE DE LA GEOGRAPHIE DES RISQUES**

Le deuxième chapitre introduit le point de vue de la géographie des risques pour l'appréhension des risques catastrophiques. La première section présente une mise en perspective du concept de risque. Il s'agit du contexte théorique général de ces travaux. La deuxième partie fait état de l'angle d'approche pour évaluer les conséquences financières de ces risques. La troisième rassemble les éléments nécessaires pour réaliser une évaluation ex-ante des dommages. Les deux dernières sections permettent, finalement, de préciser le cadre théorique spécifique de ces travaux et d'apporter des éléments permettant d'ajuster les questions de recherche de ce présent manuscrit.

### **2.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA COMPOSANTE SPATIALE**

Force est de constater que de nombreuses sciences systématiques ont longtemps considéré l'espace géographique comme un simple support sur lequel étaient disposées les observations. Considérer que l'espace, ses caractéristiques et la localisation d'une observation, n'est qu'incidente revient à faire l'hypothèse sous-jacente que tout ceci ne représente aucune valeur explicative.

L'approche géographique, quant à elle, s'attache depuis de nombreuses années à décrire et expliquer en quoi et comment l'espace façonne l'ensemble des informations qu'il supporte qu'elles soient d'origines naturelles ou sociales.

Depuis maintenant quelques décennies, plusieurs autres disciplines dont notamment l'économie ont rejoint ce postulat et ont considéré qu'une part de l'observé, du réel s'explique par la composante spatiale et plus largement par les caractéristiques de l'environnement dans lequel il s'inscrit (Zaninetti, 2005).

C'est par la volonté de quantifier l'influence de l'espace géographique, née de cette prise de conscience, que les techniques d'analyse spatiale ont vu leur création puis leur essor. Toute tentative d'appréhension de la réalité passe par une réduction, une simplification de l'observé. L'adoption d'une démarche scientifique rigoureuse entraîne de facto des efforts de formalisation à des fins de reproductibilité des expériences ; tout cela dans l'optique première

de confronter le théorique à l'épreuve du terrain, de l'observé. En ce sens, le recours à la statistique spatiale apporte une certaine rigueur non seulement du fait de son caractère démontrable mais également de sa reproductibilité (Sanders, 2000).

Dans la pratique, le choix de la méthode est conditionné par un ensemble de contraintes liées à l'information géographique, sa disponibilité, son exhaustivité et sa qualité ainsi que par le questionnement qui gravite autour de la problématique de recherche.

Cette partie s'attache à décrire la philosophie sur laquelle se fonde le point de vue de la géographie en matière d'appréhension des risques naturels et technologiques. Bien que les fondements et les rouages des mécanismes attenants à ce champ thématique soient de mêmes natures, la définition des spécificités propres à chaque risque contraint, dans un souci de concision, de focaliser ce chapitre sur un aléa unique.

Dans cette optique, il ne sera fait état dans cette section que de l'aléa inondation. Sur le territoire métropolitain, le risque inondation concerne globalement au moins une commune sur trois parmi lesquelles 300 grandes agglomérations (rapport MATE, 2000). Les dégâts causés par les inondations se trouvent au premier poste des indemnités versées au titre de la garantie catastrophe naturelle et représentent en moyenne 250 M€ par an dont la moitié de ce coût est imputable aux activités économiques. En conséquence, l'inondation et plus généralement le risque qu'elle représente constitue un terrain d'étude et d'analyse idéal et ayant déjà fait l'objet d'une attention particulière aussi bien par la communauté que par les professionnels de l'assurance.

La prochaine section vise à dégager, à travers le risque inondation, l'angle d'approche utilisée par la communauté scientifique du domaine. L'objectif consiste à identifier, d'une part, les concepts relatifs à cette approche de nature géographique et d'autre part, l'ensemble des ressources à mobiliser pour analyser des risques qui sont par nature très spatialisés.

## **2.2. MISE EN PERSPECTIVE DU TRIPTYQUE DOMMAGE / VULNERABILITE / PERCEPTION DU RISQUE**

La relation unissant les dommages induits par les inondations avec la vulnérabilité et la perception du risque est mise en exergue par une large communauté scientifique sur le plan théorique. Cette partie vise à éclairer les relations unissant ces notions en démontrant leur interdépendance. Ceci nécessite, en guise de préambule, d'explicitier les différentes notions utilisées tout au long de ce manuscrit.

## 2.2.1. Les dommages induits par les inondations

Les dommages induits par les inondations touchent tout ce qui peut être susceptible de subir des préjudices dus à l'occurrence d'une inondation (Marche, 2008). Cela comprend un large panel de dommages à l'homme, sa santé et ses biens, sur les infrastructures publiques, la production industrielle, l'environnement... Les dommages peuvent, tout d'abord, être distingués selon le fait qu'ils sont la conséquence directe (contact physique entre l'enjeu et le risque) ou indirecte (perte d'activité due à un défaut d'approvisionnement en matière première ou en énergie par exemple) de l'inondation. Ensuite, les dommages peuvent être classés selon le fait qu'ils puissent ou non être exprimés en des termes monétaires i.e., les dommages tangibles et intangibles (par exemple, les pertes en vie humaine). Un détail de cette segmentation ainsi que plusieurs exemples pour chacune des catégories sont donnés dans la figure 2-1 ci-dessous.

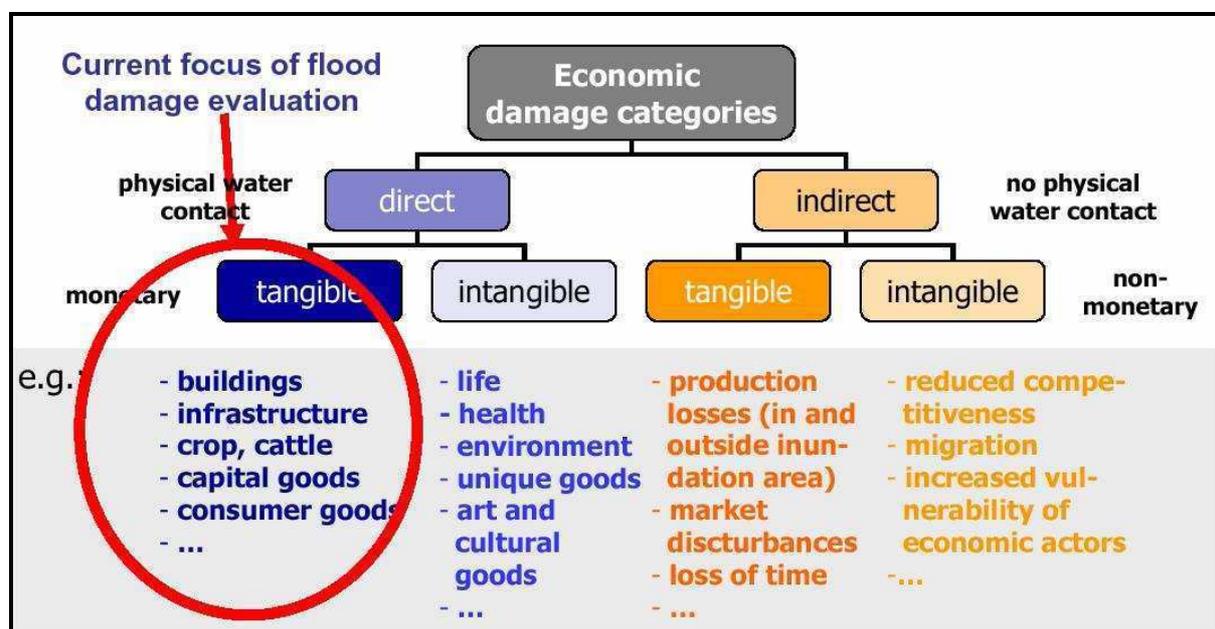


Figure 2-1 : Classification des dommages (Messner F. et Meyer V., 2007).

## 2.2.2. La vulnérabilité : une notion polysémique

Pour un aléa inondation donné sur un territoire défini, le montant total des dommages induits par l'inondation est une fonction directe de la susceptibilité du système (principalement socio-économique mais aussi environnementale) affecté (Thouret et D'Ercole, 1996).

Dans le cadre de ce travail, l'idéal serait de définir explicitement une approche globale de la vulnérabilité d'un territoire face à la manifestation physique d'un aléa, de quelque nature qu'il soit, en intégrant dans cette approche l'ensemble des composantes du risque susceptible de survenir.

La littérature foisonne de réflexions autour de ce concept. De son emploi quasi-ubiquitaire au sein de chaque discipline scientifique ou non, résulte un panel de définitions aussi diverses que variées.

Du point de vue des risques naturels, la vulnérabilité reflète la susceptibilité avec laquelle un enjeu peut être affecté par la manifestation physique d'un aléa. Succinctement, on peut réduire la vulnérabilité au concept de capacité de réponse d'un enjeu soumis à un risque. Dans cette optique, la susceptibilité d'un enjeu relève d'une part, de la réaction physique de l'enjeu face à l'impact de l'aléa (susceptibilité à subir un endommagement) et d'autre part, de la réaction des organismes responsables en charge de cet enjeu (actions et management de mesures de protections/sécurités).

Du point de vue de l'enjeu, il apparaît une première distinction mettant en exergue les propriétés endogènes (résistance physique) et exogènes (mesure de protection) des facteurs de vulnérabilité. En outre, il ressort également une autre dimension associée : la temporalité. En effet, l'impact physique de l'aléa sur un enjeu peut être considéré comme figé ou plus exactement comme se déroulant à l'échelle temporelle de l'aléa. A contrario, le comportement de la société qui gère un enjeu (temps de réparation, d'indemnisation, volet protection, sécurité introduit par la société, mitigation - résilience) se déroule suivant des processus impliquant une échelle de temps bien plus importante que celle inhérente au déroulement de l'aléa (avant, pendant et après).

Ceci montre déjà la complexité des travaux conceptuels sur cette notion de vulnérabilité puisque celle-ci se décline selon différents systèmes intervenant à de multiples échelles spatio-temporelles.

On voit ici pointer la notion de systèmes, d'interrelations, de causalités entre les différentes parties prenantes et les enjeux. Chaque système ou sous-système s'imbriquant les uns dans les autres. Il semble logique de penser, en plaçant l'enjeu au cœur du système, que celui-ci soit inclus dans son environnement que beaucoup nomment « infrastructure » (Vinet 2007, Leone 2007, Touret et D'Erdcole 1996...). On imagine clairement que la vulnérabilité d'un enjeu est, au-delà de l'impact direct au sens physique, fonction de l'environnement dans lequel il se trouve. L'enjeu et sa structure se définissant également dans un système plus large que constitue le territoire à l'aune duquel sont généralement prises les décisions de protection.

#### 2.2.2.1. *Les approches du concept de vulnérabilité*

La littérature abonde sur le fait que l'évaluation de la vulnérabilité peut être réalisée selon une approche systémique ou analytique (Dauphiné, 2004). L'objectif de la démarche systémique consiste à appréhender le risque dans sa globalité afin de se livrer à « *une mesure quantitative de l'exposition des éléments et une mesure qualitative de la capacité de réponse d'un individu ou d'un groupe exposé à un sinistre* » (D'Ercole, 1994). Cela revient donc à segmenter l'analyse des risques selon les caractéristiques propres à l'aléa, à leurs origines et à évaluer la capacité de réponse d'une société ou d'un territoire face à la survenance d'un aléa. Néanmoins, les études proposant une analyse systémique de la vulnérabilité sont rares (Leone, 2007). On peut toutefois citer les travaux portant sur les risques naturels en métropole réalisés par Reghezza en 2006 qui soulèvent un certain nombre d'interrogations et de concepts pertinents sans proposer concrètement de modèle opérationnel.

Un autre point concerne l'échelle d'analyse ou d'étude sur les risques. Des organismes comme la Munich Re ou des scientifiques comme A. Gilles proposent une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité à l'échelle du pays ou de la mégalopole, fondée sur des indicateurs globaux comme l'Indice de Développement Humain (IDH, données PNUD), le taux d'urbanisation... (Münchener Rück, 2004, rétrospective des catastrophes naturelles survenues en 2003 : Evaluation de la vulnérabilité des grandes villes à l'aide d'un indice de risque) (Gilles, 2004).

Au final, il s'agit d'une approche globale dont l'intérêt se cantonne à la hiérarchisation des zones à risques au niveau mondial et met en exergue le facteur de pauvreté comme indicateur majeur de la vulnérabilité.

En parallèle, il est intéressant de constater que le choix de l'échelle pour l'analyse de la vulnérabilité est crucial. Il apparaît souvent dans de nombreuses études la restriction de l'analyse aux territoires impactés par l'aléa. Or, nous l'avons précédemment mentionné, la vulnérabilité se décline suivant différents systèmes intervenant à diverses échelles. Le rayonnement de la zone impactée par l'aléa entraîne indubitablement la non-concordance des territoires soumis physiquement à l'aléa avec ceux qui y sont vulnérables.

L'approche analytique, quant à elle, se caractérise par la volonté de déterminer la vulnérabilité d'un territoire de manière quantitative. En effet, c'est par la stigmatisation de chaque enjeu selon sa nature et également selon sa susceptibilité à subir un endommagement que la vulnérabilité s'explique. Par ce biais, on introduit ici une analyse qualitative qui tient en la nature même des facteurs d'endommagement (susceptibilité) qui peuvent être de nature aussi bien quantitative que qualitative. Pour cette approche, il semble, à première vue, que des études abouties existent notamment celle de Torterotot lors de sa thèse en 1993 qui de surcroît porte sur la problématique des inondations.

Si l'on se place du point de vue de l'assureur, il apparaît, dans un premier temps, plutôt opportun de s'engager dans une démarche analytique pour plusieurs raisons. La première résulte du besoin premier consistant à définir, à l'échelle de l'enjeu, le coût probable lors de l'occurrence d'un aléa, ceci dans une optique de connaissance du risque, de suivi des cumuls et de réassurance avec, il ne faut pas l'oublier, une possible libéralisation du régime CatNat.

Cependant et notamment à cause de la dernière raison évoquée ci-dessus, il peut s'avérer très insuffisant de négliger l'ensemble du volet dommages indirects. En effet, de l'occurrence d'un aléa peut découler perte d'exploitation, de clients, d'image... pouvant générer des coûts très importants parfois supérieurs aux sinistres matériels (Ledoux, 2000). C'est en cela que la capacité d'une société à réagir face à une situation de crise donnée se pose comme un élément à part entière de la vulnérabilité.

En conclusion, il semble se dégager de tout ceci, deux types ou classes de vulnérabilité, l'une concernant la vulnérabilité physique et l'autre la vulnérabilité sociétale d'un enjeu à subir un dommage.

**Tableau 2-1 : Première segmentation de la vulnérabilité selon sa classe, ses éléments et ses indicateurs (inspirée de Leone, 2007 et Vinet, 2007).**

Classe	Éléments	Indicateurs
Vulnérabilité physique	Aléas	Intensité
		Cinétique
	Enjeux	Nature
		Nombre
	Susceptibilité	Résistance
		Exposition
Vulnérabilité sociétale	"Culture" du Risque	Connaissance
		Retour d'expérience
		Diffusion de l'Information
	Gestion de crise (avant et pendant)	Alerte/Surveillance
		Mesure se Sauvegarde
		Plan de secours
	Gestion post crise	Assurance
		Délai de remise en état
		Niveau Socio-économiques

#### 2.2.2.2. L'analyse de la vulnérabilité

L'analyse de la vulnérabilité se décline suivant deux approches, l'une fondée sur la connaissance d'événements passés par retour d'expérience et l'autre, faisant appel à des modèles prédictifs. D'une manière générale, les aboutissants de ces approches sont proches puisqu'ils résultent très souvent d'une telle analyse, un bilan sur les endommagements survenus ou ceux escomptés lors de l'occurrence d'un aléa d'une intensité donnée.

L'approche fondée sur le retour d'expérience apporte un ensemble d'informations pertinentes sur la survenue d'un phénomène donné. Elle permet la collecte de données observées sur le terrain (laisse de crue, dégâts sur les structures, coût de la reconstruction...).

L'approche prédictive par le biais de modèles de simulation d'endommagement offre l'avantage de se détacher de l'existant et du « déjà vu » afin d'élaborer des scénarios de référence et par la suite, de comparer d'un territoire à l'autre, l'endommagement généré par l'occurrence d'un phénomène de même ampleur. Au final, cela permet de hiérarchiser les territoires selon leur vulnérabilité potentielle.

Il faut également noter que de tels modèles peuvent être vérifiés/calibrés à l'aide des données collectées lors des événements passés si celles-ci sont en nombre et de qualité suffisants.

Par exemple, l'élaboration des Plans de Préventions des Risques Naturels (PPRN) ont pour objectif de réglementer l'occupation des sols en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis. Pour cela, le document central est la cartographie du risque qui discrétise le territoire selon le niveau local d'intensité. Il ressort de ces documents que la spatialisation du territoire entre zone à risque inacceptable et acceptable se fonde principalement sur la nature d'occupation du sol et le niveau de qualification de l'aléa naturel en question (prim.net).

D'autres approches déterminent un certain nombre d'indicateurs globaux résumant la vulnérabilité, par exemple, à une densité de population, d'urbanisation ou encore à un indice

de développement humain (Munich Re), (Gilles, 2004) ; méthode valable pour des études à l'échelle de continent mais trop globale pour être reproduite à un bassin de risque.

La méthode inondabilité développée par le Cemagref s'impose comme l'approche à la française (Blin et al, 2005). Elle consiste en la discrétisation des territoires selon la notion de période de retour de l'aléa et de la vulnérabilité afin d'assurer une comparaison homogène de ces deux composantes du risque. Sa caractéristique principale tient en sa volonté de définir un risque acceptable socio-économiquement parlant et traduisant l'impossibilité de maîtriser tous les risques par les intervenants et acteurs du milieu (Cemagref).

Enfin, quelques travaux se distinguent par le développement de méthodologies fondées sur des analyses coûts/bénéfices ou encore, s'inscrivant dans un contexte plus opérationnel centré principalement sur le domaine assurantiel, en calibrant à partir de données sinistres des fonctions d'endommagement (Ledoux, 2000).

A ce niveau, il faut préciser l'existence de profondes divergences entre les approches développées par les différents pays. En France, l'approche économique se trouve totalement inexploitée alors que, aux Etats-Unis, Pays-Bas et en Angleterre ces approches sont très largement développées (Gaber et al, 2007). En Angleterre par exemple, les pouvoirs publics ont confié à un organisme de recherche, la réalisation de fonctions d'endommagement, ce qui a permis de rendre systématique la collecte de données lors de l'occurrence d'un aléa. Ceci étant, il existe un débat animé quant aux délais de mise à jour de ces courbes d'endommagement calibrées par retour d'expérience, jugés trop long et rendant obsolètes les fonctions d'endommagement mises à disposition. C'est une des raisons pour laquelle il n'est pas pensable d'exploiter ces courbes sur le territoire national.

En France, les quelques rares courbes existantes (AsCa, BCEOM, 2005 ; Torterotot, 1993) ne sont pas toujours disponibles ainsi que les informations sur les modèles, méthodes et données utilisés pour leurs élaborations, interdisant tout regard critique et de surcroît toute évaluation de la qualité intrinsèque de la donnée et donc de leurs limites d'applicabilité.

Au regard de ces travaux et de leurs disponibilités, il semble, en l'état d'avancement, illusoire de s'appuyer uniquement sur les travaux existants afin de se livrer à une estimation dans son ensemble de la vulnérabilité particulièrement au niveau des fonctions d'endommagement et de l'approche synthétique.

D'une manière générale, un enjeu donné est d'autant plus vulnérable qu'il est exposé à un aléa d'une forte intensité et qu'il est susceptible de subir des dommages et donc d'être impacté par cet aléa. Dans cette optique, une analyse de la vulnérabilité, quelle qu'elle soit, nécessite de connaître la nature des enjeux exposés, leurs degrés d'exposition ainsi que leurs susceptibilités à subir un dommage plus ou moins important.

### 2.2.2.3. *Les indicateurs sur les enjeux*

L'élaboration et la collecte d'indicateurs sur les enjeux se posent comme un préalable à toute analyse de vulnérabilité. Cela nécessite d'une part l'identification et le rattachement au groupe d'enjeux auquel appartient un élément étudié et d'autre part, la connaissance précise de la proportion des éléments exposés qui constituent un risque sur le plan social, économique ou environnemental. La catégorisation (humain, bâti individuel, bâti collectif, industrie, infrastructure, établissement recevant du public, activité agricole...) ainsi que la quantification du nombre et de la part d'éléments dans chaque catégorie susceptible d'être affectée par un aléa donné, apportent une première vision des conséquences attendues

exprimées en termes monétaire ou non et donc renseignent sur le sinistre maximum possible. Cela revient à réaliser pour la part des enjeux tangibles la somme des capitaux sur le territoire concerné par l'aléa.

Bien entendu, chaque élément possède ses propres caractéristiques le rendant plus ou moins susceptible face à un aléa d'une même intensité et sa localisation le rendant plus ou moins exposé à l'aléa. En effet, une inondation constitue un phénomène très fortement spatialisé pouvant passer sur de courtes distances d'un aléa très fort à faible. En conséquence, la nature de l'enjeu exposé doit toujours être rapportée à son degré d'exposition et de susceptibilité afin de procéder à une analyse efficace de la vulnérabilité à l'inondation.

#### *2.2.2.4. Les indicateurs d'exposition*

Au niveau de l'exposition, il faut distinguer deux ensembles. Le premier contient un ensemble de caractéristiques de nature plutôt géographique ayant trait à la localisation de l'enjeu (sa présence ou non dans une zone historiquement inondée, sa localisation dans le lit majeur d'un cours d'eau, l'altitude à laquelle il est situé soit par rapport au cours d'eau soit par rapport au terrain naturel dans le cas de construction...). Cette première catégorie permet d'estimer la probabilité qu'un élément, en fonction de sa localisation sur un territoire, a d'être inondé.

Le second ensemble se réfère aux caractéristiques de l'inondation elle-même, son intensité à travers ses facteurs de sévérité comme la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement, la durée de submersion, l'importance de l'inondation (la surface inondée). La connaissance de ces indicateurs autorise ainsi la discrétisation du territoire selon l'intensité de l'aléa et met ainsi en évidence les zones les plus impactées par l'aléa.

La combinaison de l'ensemble des deux catégories d'indicateurs d'exposition permet de mettre en évidence les enjeux susceptibles d'être impactés le plus fortement.

#### *2.2.2.5. Les indicateurs de susceptibilité*

La susceptibilité d'un enjeu reflète la propension de ce dernier à subir des dommages lors de son exposition à l'aléa. La susceptibilité peut s'aborder de différentes manières et à différents niveaux. D'une manière générale, c'est-à-dire dans le sens commun où cette notion est le plus abondamment employée, l'évaluation de la susceptibilité revient à mesurer l'impact absolu ou relatif de l'inondation sur l'enjeu considéré. L'étude de la susceptibilité d'un enjeu bâti se réalise généralement, à partir de la connaissance de la hauteur d'eau au droit du bâti. L'intérêt de cette méthode réside dans le fait qu'elle autorise son utilisateur à regrouper des enjeux selon des critères homogènes de susceptibilité (par exemple pour le bâti construction en bois et construction en béton).

A un autre niveau, la susceptibilité prend en compte les composantes du système (ou infrastructure) auquel l'enjeu appartient. Ceci implique de considérer le contexte social à travers les systèmes de surveillance, d'alerte, du niveau de préparation, des mesures de mitigation mises en œuvre, la capacité à réagir à l'inondation, le comportement durant l'événement, l'absorption des conséquences de l'inondation et le temps de retour à l'état initial. Bien que souvent négligé, certains auteurs avancent que l'impact social à long terme d'une inondation peut générer un coût égal à celui des impacts directs (Le Huu, 2006).

De nombreuses recherches s'attachent au concept de vulnérabilité sociale et proposent de nombreux indicateurs. En premier, il faut retenir les indicateurs de préparation et de

conscience/sensibilisation face à l'aléa. En effet, cela englobe aussi bien les mesures de protection sur les biens (mise en place de batardeaux, obturation des entrées d'air...). En second lieu, la notion de comportement lors de l'événement ou plus précisément la capacité de l'individu à faire face à l'aléa. Ruin, lors de sa thèse en 2007 a mis en évidence des comportements différentiels d'individus lors de l'occurrence de crues éclair selon la catégorie socioprofessionnelle à laquelle ils appartiennent. Jonkman et Kellman (2005) ont également démontré l'influence du sexe, de l'âge, du niveau social... sur les conséquences d'une inondation. Nabul Islam (2006) a montré dans une étude menée au Bangladesh sur les dommages causés par des raz-de-marée et des crues rapides, que les personnes ayant le moins de revenu sont plus vulnérables que les autres catégories socioprofessionnelles dans le sens où elles se distinguent comme ayant le rapport montant des sinistres sur valeur totale des biens le plus élevé. Ceci démontre bien que la vulnérabilité sociale a un impact direct sur les conséquences d'une inondation.

Il est évident qu'à ce niveau intervient également le rôle du système puisque la mise en place de mesures de protection et de sauvetage influence fortement les conséquences des inondations (Wagemaker et al, 2008). Ces indicateurs peuvent être regroupés sous le terme d'indicateurs techniques et pointent à la fois la fragilité du système et sa capacité à gérer l'après-crise en développant les moyens et l'énergie nécessaires (évacuation des éléments charriés par la crue, restauration des réseaux de communication, distribution d'eau potable...) à la restauration de l'état initial.

Plus généralement, la vulnérabilité sociale reflète la capacité des différentes parties prenantes d'un territoire à passer outre les conséquences d'une inondation et à rétablir l'état initial d'avant la crise. Par exemple, on peut se référer au niveau social du point de vue économique et financier des populations affectées, de leurs habitats et de leurs contenus puisque celui-ci conditionne en partie la facilité avec laquelle les éléments affectés pourront être soit réparés soit remplacés. Il apparaît également la notion de cohésion sociale, de fraternité de la population impactée avec la possibilité de soutiens humains et matériels qu'il n'est pas rare de voir se mettre en place lors de l'occurrence d'aléas ayant des conséquences particulièrement dramatiques (par exemple la tornade de Hautmont en août 2008 a été suivie d'un fort élan de solidarité).

Ensuite, il convient de s'intéresser à la susceptibilité du système économique face aux inondations. Les indicateurs peuvent refléter l'impact de l'inondation sur les unités économiques (au niveau d'une entreprise par exemple) ou plus largement à l'échelle d'un système ou secteur d'activité. Là encore, ces indicateurs se rapprochent d'une certaine manière du niveau de préparation (quelles sont les mesures mises en place afin de limiter l'impact d'une inondation), de la capacité à faire face à l'inondation (transfert de l'activité sur un autre site) et également le temps de retour à l'activité « normale » d'avant l'inondation (productivité, compétitivité...). Il apparaît ici que les indicateurs de préparation du système économique se rapportent aux indicateurs d'ordre technique et social évoqués précédemment comme, par exemple, la connaissance et l'anticipation de l'événement et la mise en place de solutions de secours ou de rechange lors du dysfonctionnement d'une unité de production.

Enfin, la dernière composante à considérer est la susceptibilité de l'environnement et plus précisément de sa composante écologique. Historiquement, les inondations sont souvent considérées comme un « bénéfice » à l'environnement et aux écosystèmes (les crues apportaient les alluvions nécessaires à la culture dans les lits mineur et moyen des cours

d'eau). Néanmoins, lorsque les eaux de crues sont chargées de polluants, elles peuvent être à l'origine d'une altération sévère du système écologique (Manno, 2000).

La première étape revient donc à identifier et à déterminer les différents indicateurs à la fois d'exposition et de susceptibilité. L'analyse de la vulnérabilité nécessite, quant à elle, de dégager et de caractériser les différents liens et niveaux de relations entre les indicateurs et les dommages. Cela requiert de lier de manière fonctionnelle les indicateurs d'exposition et de susceptibilité aux dommages escomptés au regard de tous les enjeux exposés et ce pour un niveau d'intensité d'un aléa donné.

#### *2.2.2.6. La perception du risque*

En situation de crise les comportements adoptés par l'homme résultent généralement de processus mentaux conscients ou inconscients, qui aboutissent à une prise de décision et déclenchent une éventuelle mise en œuvre d'actions d'adaptation à la situation de crise (Ruin, 2007). De nombreux spécialistes du domaine des sciences sociales ont élaboré des modèles conceptuels décortiquant le processus de prise de décisions. Ces modèles, quel que soit leur champ d'application, mettent en avant la notion de perception du risque ou encore, de conscience du risque comme l'un des facteurs essentiels conditionnant la recherche de solutions adaptatives (Slovic, 1987 ; Perry, 1994 ; Mileti, 1995).

En conséquence, les jugements et donc les comportements adoptés par les populations diffèrent selon le niveau d'information auquel elles ont accès et appréhendent ainsi le risque inondation de manière variable selon leurs propres expériences des inondations, leurs niveaux de connaissance des procédés d'alerte, des mesures de mitigation à prendre ainsi que de leurs propres probabilités d'être affectées par l'inondation. De par leur rôle, les acteurs locaux peuvent réagir de manière opposée. Si l'on prend l'exemple de l'expert chargé de la protection contre les inondations, son objectif sera de diffuser au maximum les informations qu'il détient afin de rendre le plus efficace possible les mesures de protection / mitigation mises en œuvre. A contrario, le politique aura tendance à développer économiquement le territoire sous sa gouvernance en attirant particuliers, professionnels et entrepreneurs quitte à les installer en zone inondable.

En outre, le risque inondation dit en présence, n'est pas aisément reconnaissable. La perception du risque inondation est d'autant plus délicate lorsqu'il existe des ouvrages hydrauliques de protection contre les inondations tels les digues ou barrages qui procurent un sentiment exacerbé de sécurité. En outre, la présence de tels dispositifs de protection occulte clairement d'une part, le sentiment d'être dans une zone à risque et d'autre part, enlève toute initiative préventive en matière de préparation à l'événement comme la manière de réagir et le comportement à adopter en cas de crue débordante.

En ce sens, la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) indique qu'il suffit d'un délai de 7 ans après une inondation pour que la conscience du risque ait pratiquement disparu lorsque l'événement n'est pas rappelé à l'aide de marqueurs visuels tels les repères de crue. Ce constat tend à amener une restructuration des politiques locales de réduction de la vulnérabilité du territoire et de ses habitants au risque inondation qui, désormais, doit nécessairement se fonder sur la conscience du risque inondation par les populations concernées. Dans cette optique, la réactivation de la culture du risque est une des priorités de la loi risque de juillet 2003 (source : MEEDDAT). Différentes études menées

dans le cadre de plus ou moins vastes enquêtes publiques, ont montré de profondes disparités entre la perception du risque et le risque réel en présence. On peut citer l'observatoire du risque inondation dans le Gard, les enquêtes réalisées dans le cadre des travaux de thèse de Grelot en 2004 et ceux de (Ruin, 2007), l'étude menée par la Direction Régionale de l'ENvironnement (DIREN) Rhône-Alpes en 2006 sur la perception des risques inondations par les riverains du Rhône ou encore celle réalisée dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature dont les résultats sont attendus en fin d'année.

Il ressort de ces enquêtes diverses informations, la première est qu'il coexiste deux types de populations, l'une ayant conscience qu'il existe bel et bien un moyen de réduire le risque auquel elle est exposée en mettant en œuvre des mesures « privées » tandis que l'autre partie semble plus encline à ne rien faire, soit parce que les habitants ne perçoivent pas la menace, soit parce qu'ils ne croient pas en l'efficacité de mesures individuelles, soit parce qu'ils jugent que c'est uniquement au pouvoir public qu'incombe l'accomplissement de cette tâche. En outre, il faut admettre que le système d'indemnisation CatNat fondé sur le principe de solidarité n'incite pas le citoyen exposé à réduire sa propre vulnérabilité (IGF et al, 2005). Les conclusions de ces enquêtes (pour celles qui sont réalisées) insistent sur la nécessité de développer les procédés actuels de communication sur le risque inondation. C'est en effet par la compréhension et l'acceptation du risque que passe l'appropriation des mesures par les personnes exposées. Une perception commune du risque semble être le meilleur garant de l'acceptation et de la mise en application des mesures réglementaires de mitigation.

#### 2.2.2.7. *Le lien entre vulnérabilité et perception du risque*

Eu égard à ce qui a été décrit ci-dessus, la notion de perception du risque s'avère également importante. Qu'il s'agisse des aspects fonctionnels comme la qualité de la prévention et l'organisation des secours ou encore des aspects institutionnels voire politiques telles que la planification et la réglementation en vigueur face au risque inondation, tous jouent un rôle non négligeable (Thouret et D'Ercole, 1996). Si dans une région donnée, la perception globale du risque inondation est faible, les décideurs locaux ne seront pas très enclins à mobiliser les budgets nécessaires et à mettre en œuvre une véritable politique de diminution du risque et de sensibilisation. En conséquence de quoi, rien ne sera fait pour anticiper et préparer l'occurrence d'une inondation. Il semble logique de penser qu'en cas de survenance d'une inondation sur un territoire défini par une faible probabilité d'occurrence et par un faible niveau de perception de risque, des dommages supérieurs à ceux escomptés pour une même inondation sur un territoire préparé sont à prévoir (Schanze et al, 2006).

Du point de vue de la perception du risque et de la préparation face à un événement, il faut distinguer les facteurs de vulnérabilité en considérant le territoire dans son ensemble et également à l'échelle de l'individu.

#### 2.2.2.8. *Le lien entre vulnérabilité et dommages causés par les inondations*

Du point de vue des dommages et de son analyse, il est généralement admis que, pour un type d'enjeu donné, l'établissement de la courbe de dommage peut être interprété comme la caractérisation de sa vulnérabilité (Vinet, 2007). D'autres vont même jusqu'à définir la vulnérabilité comme une fonction de transfert entre les différents paramètres de l'aléa et les

conséquences économiques de la survenance de l'aléa (Grelot, 2005). L'objectif commun de l'analyse des dommages étant de quantifier les dommages en termes monétaires et ce pour différents scénarios (on entend soit au niveau de la période de retour soit par exemple après la mise en place de protections). Le point de départ d'une telle analyse étant le recensement de tous les enjeux présents dans la zone ainsi que leur monétarisation afin de pouvoir définir dans la zone inondée quel sera le montant maximal des dommages (Sinistres Maximum Possibles, SMP). L'analyse de la vulnérabilité se place elle en tant que pièce charnière liant le SMP aux dommages réalisés lors de l'occurrence d'un aléa donné. La mesure de la vulnérabilité permet donc d'estimer la proportion de dommages escomptée pour un événement d'une étendue et intensité données.

Généralement, les études se focalisent sur la détermination d'un indicateur de vulnérabilité (soit issu de l'avis d'experts, soit fixé de manière empirique à l'aide de bases de données d'événements passés) ayant un impact jugé prépondérant sur les dommages observés post événement. Cet indicateur, une fois identifié, est ensuite rapporté à une échelle de dommage s'étalant de 0 à 100 soit d'un dommage escompté allant de nul à total. Ce travail de collecte d'informations est réalisé pour chaque type d'enjeux, c'est-à-dire pour chaque enjeu présentant un différentiel de vulnérabilité face à un même aléa (Klaus et al, 1994 ; Queensland Government 2002 ; Ledoux, 2003 ; Fedeski and Gwilliam, 2007 ; Vinet, 2008). A quelques exceptions près, dues aux contextes géographiques particuliers de certaines études, l'indicateur de susceptibilité retenu est de manière unanime la hauteur d'eau.

### **2.2.3. Hétérogénéité des approches assurantielles : exemple de la garantie inondation**

L'objectif de cette section est d'identifier, au sein des pays les plus avancés en matière de gestion du risque inondation, les multiples méthodologies développées au regard des contextes nationaux et des applications inhérentes à ces travaux. Puisqu'il serait largement trop chronophage de se livrer à une étude détaillée et précise des pratiques et méthodes développées au sein de chaque pays, il est proposé ici de développer les pratiques rencontrées aux Etats-Unis, en Angleterre, aux Pays-Bas, en Allemagne, en République Tchèque puis en France, afin d'apporter matière à réflexion et de tirer parti des expériences des pays leaders dans ce domaine.

#### *2.2.3.1. Aux Etats-Unis*

Le NFIP (National Flood Insurance Program) a été instauré par la loi nationale sur l'assurance des inondations de 1968 en réaction à la hausse croissante du coût des dommages causés par les inondations. Actuellement sous tutelle de la Federal Emergency Management Agency (FEMA), le NFIP permet de fournir une assurance contre les inondations sous réserve de l'engagement des collectivités à agir en faveur de leur prévention.

Il faut noter que le NFIP est autofinancé au regard des dommages moyens annuels statistiques. Il finance ses dépenses de fonctionnement, de gestion et les remboursements liés aux inondations sont entièrement issus des primes versées au titre des polices d'assurance de la garantie inondation (OCDE, 2004).

La méthode développée se fonde sur la cartographie des zones d'assurabilité en fonction de l'extension maximale des eaux de crue avec les niveaux d'eau correspondant à des aléas de probabilité donnée (centennale, cinqcentennale...). Ces cartographies sont réalisées par l'USACE (United States Corps of Engineers).

Cependant, l'éligibilité au NFIP nécessite de la part de la collectivité l'adoption d'une réelle stratégie de gestion du risque sur son territoire, à commencer par la cartographie de l'aléa et allant jusqu'à la régulation du développement de l'urbanisme dans les zones les plus exposées.

La tarification est élaborée selon un processus complexe qui combine à la fois la qualité des mesures de prévention et protection collectives mises en œuvre dans le cadre de ce programme, avec le degré de vulnérabilité individuelle que présente le demandeur d'assurance. Le mode d'évaluation s'est inspiré de l'assurance incendie et a conduit à la réalisation d'un système de notation appelé Community Rating System (CRS). Ce dernier définit un certain nombre de mesures, au nombre de 18, rapportant des points selon leur niveau de mise en œuvre (dont l'information au public, la cartographie, la réduction des dommages ou encore la préparation, gestion de crise). Une fois comptabilisés, ces points donnent droit à une réduction du taux de prime. Eu égard aux contraintes financières, techniques et politiques qu'il impose, peu de communes adhèrent à ce programme, conduisant à une faible pénétration de la couverture contre les risques d'inondation.

#### 2.2.3.2. *En Angleterre*

L'Angleterre bénéficie d'une longue expérience en matière d'inondation fruit d'une volonté forte de la DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) qui finance depuis les années 70 l'EA (Environment Agency) ainsi que le FHRC (Flood Hazard Research Center). L'objectif affiché étant de mettre à la disposition du public et des assureurs un ensemble complet d'informations sur le niveau local de l'aléa et du risque inondation.

Cependant, l'accès à ces informations permet à l'assureur de pratiquer une tarification appropriée au risque local. La mise à disposition par l'Etat de telles données aux assureurs a été réalisée sous condition de fixer les primes au niveau actuariel. Cependant, les assureurs se réservent le droit de ne pas souscrire certains risques jugés trop forts.

Dans la pratique, l'approche assurantielle est héritée du début des années 60. En 1961, l'industrie de l'assurance a décidé de délivrer des garanties inondations à faible coût sans se préoccuper de l'exposition à l'aléa. En conséquence, l'urbanisme s'est fortement développé dans les zones potentiellement inondables. Devant l'évolution constante du coût des sinistres, les assureurs ont commencé à se rétracter et pratiquent désormais des tarifs très élevés tout en menaçant de résilier certaines polices d'assurance trop exposées. En moyenne, les prix des assurances inondation ont augmenté de 250% (Crichton, 2005). En 2007 et devant l'attentisme des autorités compétentes, les risques exposés à une probabilité de retour supérieure à 1/75 sont exclus par les assureurs, pour les risques exposés à des aléas inondations allant de 1/75 à 1/200, les couvertures sont maintenues mais sujettes à de fortes augmentations.

Le zonage des inondations est réalisé en Angleterre selon différentes approches, dépendantes essentiellement de l'échelle spatiale d'analyse. L'objectif, in fine, étant d'estimer les dommages occasionnés par une crue débordante. Succinctement, il est possible de résumer les

approches par l'emploi des données permettant de définir les enjeux, soit à une échelle globale (occupation du sol) soit par une approche locale (par entité de biens).

Dans cette optique, le site de l'EA propose un service de géolocalisation permettant d'associer à un lieu de risque, son degré d'exposition à l'aléa inondation selon différentes périodes de retour. En parallèle, le FHRC met à disposition des valeurs de dommages relatives selon le type d'enjeux et selon l'intensité locale de l'événement (fondée sur la hauteur et la durée de submersion).

Cependant, il existe de vives critiques quant à ce système, notamment en ce qui concerne l'obsolescence des valeurs absolues de dommages. (Penning-Roswell 2005) a montré que la mise à jour de ces valeurs entre 1998 et 2005 a révélé des variations pouvant atteindre plus de 600%. Si l'on combine les délais nécessaires aux calculs des valeurs absolues de dommages, pouvant excéder plusieurs années, à l'évolution du foncier par exemple, il apparaît clairement que les courbes de dommages sont, dès leurs publications, déjà obsolètes.

En outre, les spécificités des phénomènes hydrologiques et de la topographie outre-manche font que la communauté scientifique plafonne ses courbes de dommages à une hauteur d'eau d'un mètre et, nécessitent de connaître la variable hauteur d'eau avec une précision centimétrique. Cette incohérence entre la précision des modèles numériques de terrain utilisés et la précision inhérente aux modèles de dommages n'a, semble-t-il, pas fait l'objet d'études publiées en Angleterre.

#### *2.2.3.3. Aux Pays Bas*

Les Pays-Bas constituent un cas particulier dans le monde de par ses singularités topographiques. La moitié du pays se situe en dessous du niveau de la mer ou des cours d'eau. Au total, les deux-tiers du pays sont situés en zone inondable. La majorité du pays est protégée par des digues, des systèmes d'évacuation des eaux. C'est l'Etat qui est juridiquement responsable de la sécurité des citoyens : il n'existe pas de système qui impose la souscription d'une assurance inondation. Le ministère des transports et de l'eau (VWS, particulièrement sa direction de l'eau, le Rijkswaterstaat) est chargé spécialement de la lutte contre ce risque, (Barthelemy, 2005).

Les Pays-Bas travaillent activement sur le risque inondation suite aux grandes inondations de 1953. Il en résulte aujourd'hui un consensus sur la méthodologie développée par HKV consultants et TNO Bouw sous la direction du Rijkswaterstaat qui propose différents scénarios de rupture de digues. Il faut toutefois noter que l'approche utilisée pour estimer les dommages se fonde sur un découpage des territoires en catégorie homogène d'occupation des sols. Ensuite, pour chaque zone considérée un dommage maximum (valeur totale) valable à l'échelle nationale a été fixé (Jonkman et al, 2007) et est normalisé par la surface considérée. Enfin, le recours aux fonctions de dommage permet de tenir compte de l'intensité locale de l'inondation. Les fonctions de dommages ont été élaborées soit par retour d'expérience sur des inondations observées, soit établies à dire d'experts. Les facteurs permettant de déterminer le niveau de qualification de l'aléa sont la hauteur d'eau ainsi que la vitesse de courant. Ceci s'explique clairement par les conditions hydrologiques et hydrauliques propres aux Pays-Bas puisqu'une altitude inférieure au niveau de la mer entraîne l'incapacité des eaux à s'évacuer naturellement et donc nécessite l'intervention de l'homme. Les inondations aux Pays-Bas, lorsqu'elles surviennent, impliquent des échelles temporelles supérieures aux vastes bassins versants de plaine. En outre, puisque les inondations étudiées sont imputables aux ruptures de digues, les vitesses de courant ainsi que les délais d'alerte semblent être des

facteurs essentiels influençant les dommages. En effet, il est clairement stipulé dans la méthode standard de réduire les valeurs escomptées de dommage à hauteur de 25% lorsque la préparation et les délais d'alerte sont jugés suffisants (Jonkman et al, 2007).

Dans un pays où les dommages seraient immenses en cas d'accident, l'État est seul responsable du financement des protections, de l'indemnisation des victimes comme de l'aide aux sinistrés.

En conclusion, la méthode standard en vigueur aux Pays-Bas permet d'analyser le risque et de déterminer un montant de dommage attendu pour tel ou tel type de scénarios à une échelle spatiale moyenne (mésos-échelle) et donc ne permet pas d'apprécier de manière fine le risque local. En outre, les résultats des diverses études menées sont directement liés non pas aux scénarios de rupture envisagés mais, in fine, aux lieux de survenance de la rupture de digue (Jonkman et al, 2007).

#### 2.2.3.4. En Allemagne

En Allemagne, ce sont les états fédéraux qui ont à charge la gestion du risque inondation. Il en résulte une grande hétérogénéité de méthodes, données et modèles utilisés pour déterminer le risque inondation. Différentes échelles spatiales ainsi que différentes philosophies se côtoient, interdisant toute analyse à l'échelle nationale.

Cependant, l'association des assureurs allemands (GDV) a développé, pour le compte des sociétés du marché, un outil de zonage tarifaire appelé ZURS (signifiant : zones périodiquement inondées) définissant quatre zones d'aléa :

- 1 : fréq. crue > 200 ans
- 2 : 50 ans < fréq. crue < 200 ans
- 3 : 10 ans < fréq. crue < 50 ans
- 4 : fréq. crue  $\leq$  10 ans

La tarification étant laissée à l'appréciation de l'assureur, le marché allemand se heurte à la problématique d'antisélection :

- 1 : les assurés refusent de prendre la garantie : ils pensent ne jamais connaître d'événement dont la période de retour est supérieure à 200 ans (soit une fréquence de 0,005),
- 2 : les assurés hésitent entre l'assurance et l'espoir de l'assistance de l'État comme ce pu être le cas après les inondations catastrophiques de l'été 2002,
- 3 : les assureurs sont très sélectifs et les primes très élevées,
- 4 : les assureurs sont peu enclins à proposer des couvertures, si ce n'est à des tarifs dissuasifs.

Il en résulte que moins de 10% des logements ou leurs contenus sont couverts contre les risques d'inondation.

### 2.2.3.5. *En République Tchèque*

La République Tchèque s'est engagée depuis peu sur la problématique des inondations et sur l'évaluation des dommages. Cette volonté a largement été motivée par les événements catastrophiques récents subis par ce pays (1997 et 2002). Trois méthodes sont conjointement développées et reposent toutes sur la connaissance de l'occupation du sol, sur la détermination d'un coût unitaire surfacique selon le type d'occupation du sol et sur l'emploi de courbes de dommage fondées sur des données statistiques officielles. Les trois méthodes dépendent principalement de l'échelle d'analyse et de la précision des données en entrée. Il faut cependant noter que la particularité de l'approche tchèque tient principalement en la création de montants de dommage maximal et minimal en fonction de chaque type d'occupation du sol.

L'outil tchèque de cartographie des risques inondations, dénommé FRAT, a été réalisé par le réassureur Swiss Ré en partenariat avec le courtier Marsh et les assureurs locaux. Il prend en compte les crues de période de retour 50, 100, 250 et 500 ans. Outre le zonage tarifaire, il propose des fonctionnalités de modélisation de l'exposition d'un portefeuille, permettant de réaliser des estimations de cumul de risque.

En République Tchèque, les compagnies d'assurances ont décidé de ne plus assurer les dommages dus aux inondations. En effet, la Ceska Pojistovna, le premier assureur en République tchèque, a déclaré qu'il ne renouvellerait pas les contrats d'assurance pour les assurés ayant déclarés un sinistre lié aux inondations durant la dernière décennie. Pour tous les assureurs, la nouvelle tendance est à une meilleure évaluation des risques.

### 2.2.3.6. *En France*

La France constitue un bel exemple illustratif du point de vue du partenariat public-privé assurantiel. La loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles instaure un régime de solidarité en imposant une extension de garantie obligatoire de toutes les polices sur le marché des assurances facultatives. Le déclenchement de cette garantie s'effectue lorsqu'un arrêté interministériel déclare l'état de catastrophe naturelle. Pour être indemnisés, les biens sinistrés doivent être couverts par une police d'assurance dommages aux biens et le lien de causalité catastrophes naturelles – sinistres doit être clairement établi. La couverture des catastrophes naturelles s'étend également à l'ensemble des polices d'assurances des pertes d'exploitation.

Cependant, il est stipulé que les assurés doivent garder une part de risque par l'intermédiaire d'une franchise légale dont le montant est fixé par décret. La circulaire du 24 novembre 2000 a instauré le principe de modulation de franchise afin d'inciter à la prise de mesures visant à limiter les dommages causés par les inondations. Applicable dans les communes n'ayant pas de plan de prévention des risques naturels et modulable selon l'historique des inondations subies sur les cinq dernières années, cette franchise cesse de s'appliquer dès la prescription d'un tel plan.

Concernant le fond pour l'indemnisation des dommages, celui-ci est constitué par la création d'une surprime obligatoire applicable à tous les contrats dommages aux biens. Le montant de ce prélèvement est également fixé par décret, le dernier en date de 1999 la fixant à hauteur de 12% de la contribution versée à la garantie de base.

En complément de ce système vient se greffer la CCR (Caisse Centrale de Réassurance), une entreprise étatique qui lui offre une réassurance sans limitation de garantie avec le cas échéant intervention de l'Etat. Ce système présente donc une sécurité maximale même en cas de survenance d'une catastrophe naturelle majeure.

Cependant, il faut mentionner l'existence de l'association MRN (Mission Risques Naturels) mandatée par la FFSA (Fédération Française des Sociétés d'Assurances) et le GEMA (Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurances). La MRN a pour objectif de collecter les connaissances et données publiques liées aux risques naturels dont l'aléa inondation. A des fins de sensibilisation et de manière à proposer une information homogène et de qualité suffisante, une infrastructure de services géographiques a été élaborée en partenariat avec le CRC (Centre de recherche sur les Risques et les Crises) de l'Ecole des Mines de Paris.

D'une manière générale, il n'existe pas en France de travaux comparables à ce qui a été cité précédemment. En matière de risque inondation, la philosophie française repose sur la carte de l'aléa et des enjeux. La notion de risque et surtout son acceptabilité sont issues d'une concertation entre les pouvoirs publics représentés par les décideurs locaux avec la population concernée par le risque. Cette notion d'acceptabilité des dommages par les intervenants du milieu permet de définir un risque acceptable socio-économiquement parlant et traduit l'impossibilité de maîtriser tous les risques.

En conséquence de quoi, tout reste à construire en France en matière d'estimation ex ante des dommages économiques générés par une crue.

L'objectif de cette section était de présenter la place actuelle de l'assurance dans un système national de gestion des risques naturels. Au regard de ce qui a été présenté, il semble logique d'avancer que le contexte national conditionne l'attrait des assurances pour le risque inondation et pour les connaissances afférentes.

Il ressort également des hétérogénéités flagrantes entre les différents pays. L'exposé fait au long de cette partie montre clairement le décalage existant entre la France et quelques uns des principaux pays leaders en matière de technologie de l'information et de données dédiées au risque inondation.

Nonobstant l'existence d'études abouties dans certains pays comme l'Angleterre, la spécificité des études menées, la disponibilité des données ainsi que le contexte socioculturel local n'autorisent la transposition des études et recherches menées dans ces pays uniquement sur le plan méthodologique.

## **2.3. ANGLE D'APPROCHE POUR L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE**

La France ne dispose que de très rares études adoptant une approche économique du risque inondation. Que ce soit l'inexistence de bases de données publiques relatives aux sinistres à une échelle les rendant significativement exploitables ou le principe d'indemnisation solidaire « CatNat », le système français se démarque de ses principaux voisins européens en matière d'évaluation économique des dommages causés par les inondations.

En conséquence, la politique de gestion des risques naturels, en particulier celle des risques d'inondation, s'est longtemps contentée de réaliser des études hydrologiques et hydrauliques visant à apporter les informations nécessaires à la prise de décision par les décideurs locaux ou nationaux quant à la création et aux dimensionnements d'ouvrages d'art tels que les digues ou les barrages. La volonté dans laquelle s'inscrivait cette démarche visait la recherche d'une protection contre les crues. Mais, chaque année, les événements viennent inmanquablement rappelés que pour des événements exceptionnels, les mesures de protection s'avèrent être inefficaces voire pire en provoquant une augmentation des dommages liée aux sentiments de sécurité dégagés par les mesures de protection telles que les digues (ouragan Katrina en 2005, inondation du Gard en 2002 et du Rhône en 2003...). Puisqu'il est clair que les mesures structurelles ne pourront contenir les grandes inondations, la connaissance des conséquences de ces événements ainsi que les causes sous-jacentes conditionnant la réalisation et l'ampleur des dommages demeurent un passage obligatoire. Cette domination technique a longtemps perduré, seulement l'accroissement et la concentration des biens combinés à l'enchérissement des valeurs assurées engendrent, mécaniquement, l'augmentation constante des dommages potentiels en zone exposée (Johnson et al, 2007).

Ce constat a fait évoluer cette position vers la prise en compte de l'aspect socio-économique du risque inondation avec le développement des processus d'alerte et de surveillance (création en 2003 du Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations, création en 2002 du Service de Prévision des Crues), de systèmes de planification de crise (Pottier et al, 2004), de mesures de préparation à mettre en œuvre au niveau du particulier (Penning- Rooswell and Wilson, 2006), et enfin, la considération du coût « social » induit (Tapsell et al, 2002 ; RPA/FHRC, 2004).

Ce changement de perception et ce besoin d'outils pour appréhender économiquement les dommages se combinent parfaitement avec l'arrivée à maturité des technologies de l'information géographique. Devant le panel de possibilités offert par ces outils, leurs adoptions par le monde de l'assurance nécessitent cependant un temps d'adaptation afin de rassembler, de mettre en forme avant d'exploiter l'intégralité du potentiel des bases de données assureurs.

### **2.3.1. L'analyse des dommages**

La gestion des risques doit nécessairement s'appréhender de manière globale et nécessite pour son opérationnalisation la prise en compte de manière séparée de chaque sous-système ou

module comme illustré dans la figure 2-2. La difficulté théorique de ces approches ne concerne pas prioritairement un module en particulier mais résulte du croisement de l'information et des approximations se cumulant à chaque étape.

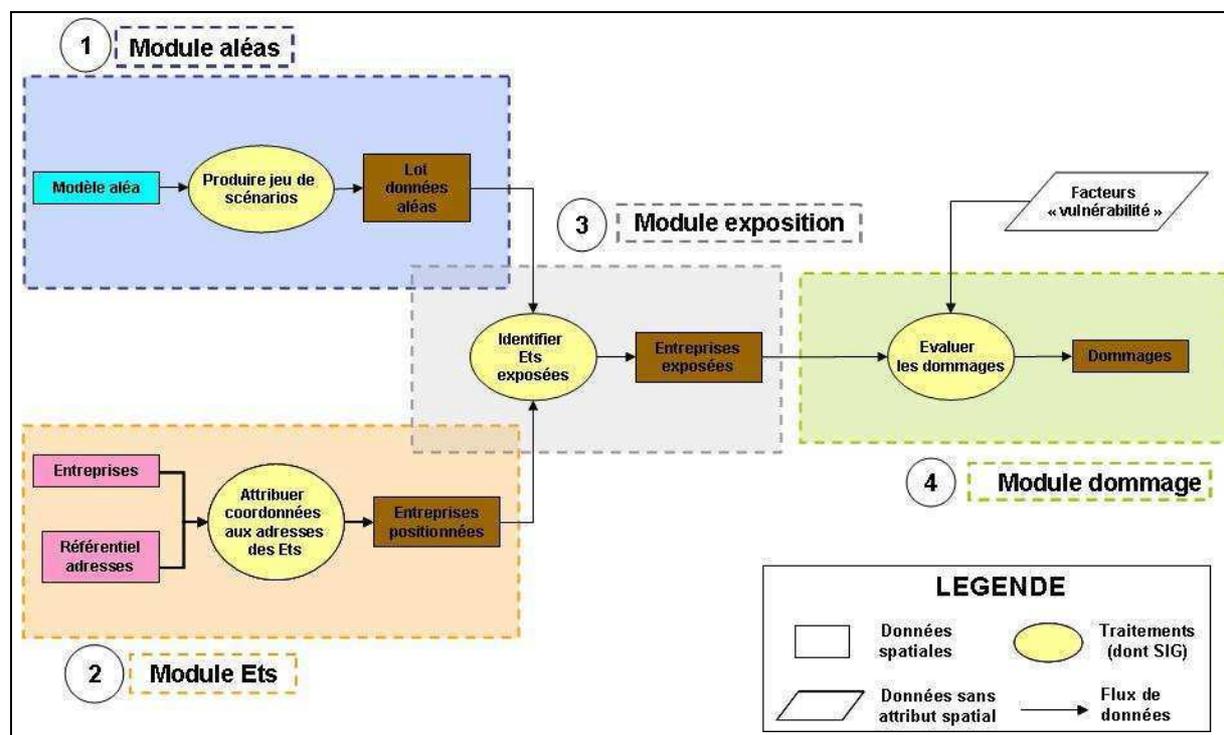


Figure 2-2 : Diagramme de traitement de l'information pour l'analyse de l'exposition à l'aléa inondation, à l'appréciation des dommages (D'après Chemitte, 2008).

### 2.3.2. La partie aléa

Le premier module concerne l'aléa, c'est-à-dire la matérialisation physique de la crue débordante qui s'aborde suivant différents niveaux de précision. Ce premier module consiste à relier à chaque scénario défini a priori, une zone d'expansion de crue. Ensuite, il convient de qualifier à l'intérieur de cette enveloppe de crue l'intensité de l'aléa. Dès cette étape, interviennent de nombreuses dissensions en fonction des pays où ces études sont réalisées. En Angleterre, à la hauteur d'eau est associée la notion de durée de submersion tandis qu'au Pays-Bas, c'est le couple hauteur de submersion et vitesse d'écoulement qui s'impose. Ces distinctions relèvent, non pas de volontés politiques divergentes, mais plus vraisemblablement des caractéristiques hydrologiques et hydrauliques de l'aléa inondation auxquelles ces pays sont confrontés.

Les spécificités géographiques du territoire français sont telles qu'une forte diversité environnementale se côtoie ce qui se traduit par une diversité des processus hydrologiques et hydrauliques conditionnant les écoulements. En outre, quatre types de climats sont répertoriés à savoir les climats océanique, méditerranéen, semi-continentale et de montagne ; les communautés française et internationale laissent une place importante aux événements de crue éclair rencontrés dans le Sud de la France appelés « crue cévenole ». Caractérisés par des

pluies localisées et intense, ces phénomènes sont d'une intensité parfois extrême et peuvent avoir des conséquences catastrophiques tant du point de vue du bilan humain qu'économique (Vinet, 2008).

A contrario, la France compte de vastes bassins versants de plaine comme notamment celui de la Loire ou de la Seine. Il faut savoir que l'étude visant à chiffrer les conséquences socio-économiques de l'occurrence d'une crue d'une intensité comparable à celle de 1910 pour le bassin de la Seine et celle de 1866 pour celui de la Loire, dépasseraient très largement les capacités financières de la CCR (IGF et al, 2005) malgré l'augmentation des provisions d'égalisation enregistrée au cours de ces dernières années comme évoqué dans le chapitre précédent.

A ce niveau, deux pistes sont à considérer, non pas de manière antagoniste mais plutôt de manière complémentaire :

- Concevoir une démarche de simulation d'inondation de plaine avant de déployer le modèle élaboré sur plusieurs bassins versants pilotes définis suivant des critères de représentativité (environnementaux, économiques et sociétaux) et ayant déjà fait l'objet d'études préalables dont les résultats ont été approuvés et sont diffusés par leurs auteurs (AZI, PPRI...),
- Exploiter les données existantes sur l'aléa inondation (AZI, Plus Hautes Eaux Connues, PHEC...) lorsque celles-ci sont disponibles et se révèlent être satisfaisantes au regard des besoins inhérents aux présents travaux.

Dans un souci d'exhaustivité, il apparaît indispensable de décrire les données publiques existantes en France sur l'aléa inondation. Les Atlas des Zones Inondables (AZI) sont des documents à portée informative et ont pour objet de porter à la connaissance des collectivités locales et du public les éléments d'informations disponibles sur les risques d'inondation, sous forme de textes et de cartes. Leur publication intervient dans le cadre de la politique générale de prévention des risques, et du plan décennal d'entretien des rivières arrêté par le Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire du 24 janvier 1994. Les AZI sont produits par les DIREN et mis à disposition par le MEEDDAT à travers le site cartorisques (CARTORISQUES, 2009). Un extrait est présentée dans le figure 2-3.

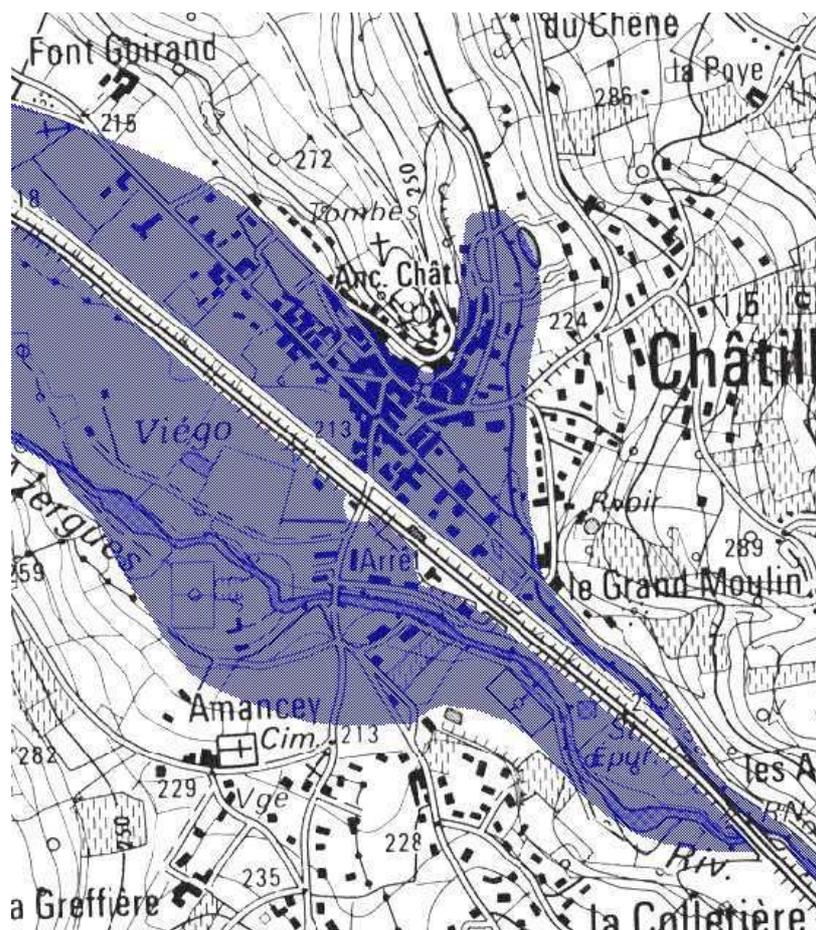


Figure 2-3 : Extrait d'un Atlas des Zones Inondables (source : DIREN Rhône-Alpes).

Les plans de zonages réglementaires sont des documents officiels établis sur un fond cartographique et cadastral dans les secteurs urbanisés et permettent d'effectuer les traitements nécessaires à l'évaluation des risques. La figure 2-4 présente un extrait de ces documents. En pratique, ces données présentent une forte disparité liée d'une part, aux différents choix de représentation et de mise en forme du plan de zonage par l'organisme maître d'œuvre dans chaque commune concernée et d'autre part, aux retards pris concernant la numérisation des plans à l'échelle de tout le territoire. Généralement, ces plans présentent le zonage suivant :

- Zones Rouges pour l'interdiction de construire (zone d'aléa fort à moyen),
- Zones Bleues pour autoriser la construction sous certaines conditions (zone d'aléa faible),
- Zones Violettes ou Jaunes pour l'aggravation du risque (zone d'aléa moyen), autorisant les constructions sous maîtrise collective,
- Zones Blanches sans contraintes si ce n'est les normes de constructions usuelles (zone d'aléa négligeable).

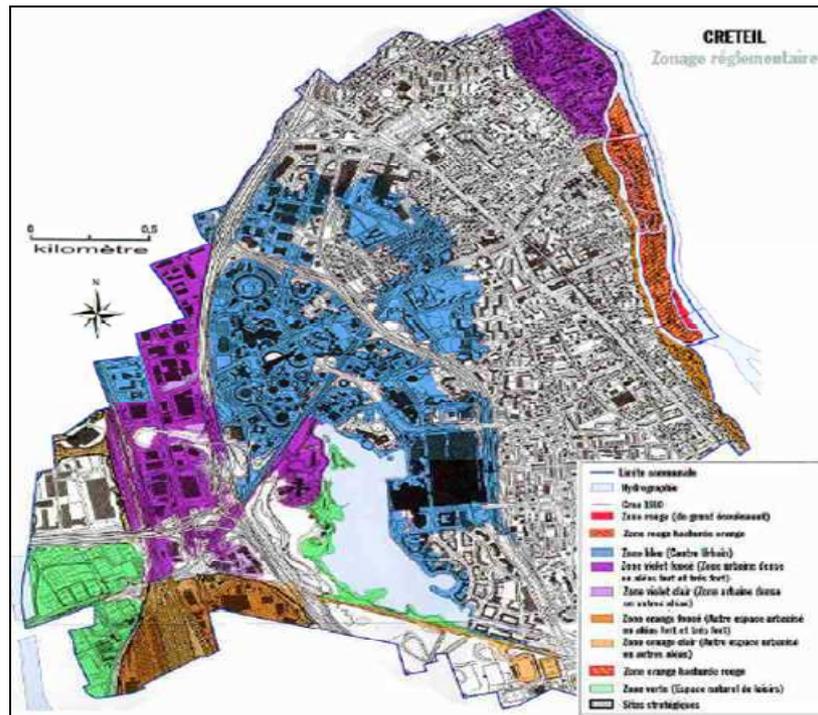


Figure 2-4 : Extrait d'un plan de zonage réglementaire d'un PPR d'une commune à risque (Créteil, Val de Marne)

La base de données non géographiques GASPARD du MEEDDAT : contient les données transactionnelles sur les procédures administratives des risques naturels par commune : dates de publication des arrêtés CatNat, dates de prescription et d'approbation des PPR ainsi que les documents d'information préventive (Dossier Communal de Synthèse DCS, Direction Départementale des Risques Majeurs DDRM, Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs DICRIM). Les informations sont stockées dans une structure de données relationnelles pour chaque couple aléa-commune.

### 2.3.3. La partie enjeux

Le deuxième module concerne le recensement des enjeux présents sur les territoires. Celui-ci nécessite de s'intéresser à toutes les composantes du territoire regroupées généralement de manière synthétique en trois grandes catégories : l'homme, les biens et l'environnement. Du point de vue économique, la classification des enjeux est généralement réalisée de manière pragmatique selon le type de dommage qu'ils sont susceptibles de subir. Dans cette optique, il devient alors possible de se livrer à un regroupement des enjeux présentant une susceptibilité homogène face à un aléa.

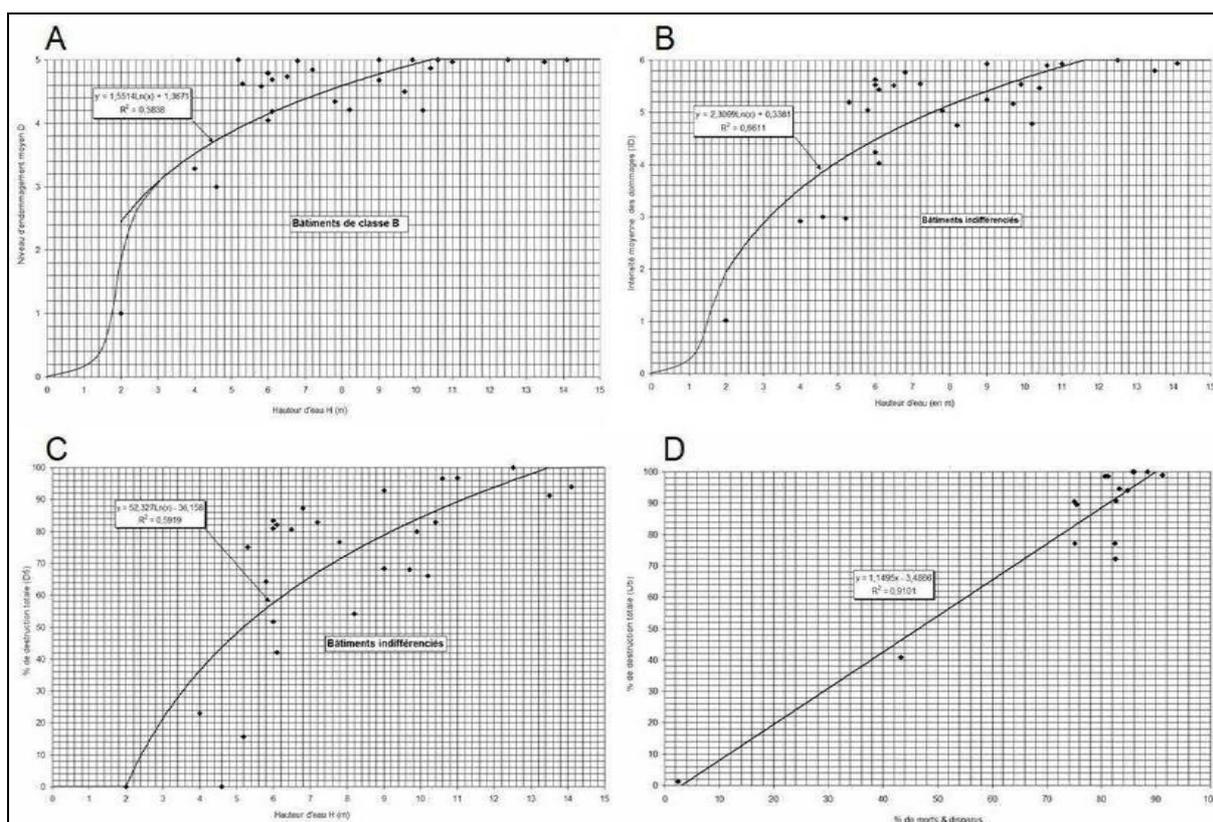
Le troisième module consiste à recenser les enjeux exposés à l'inondation par simple croisement des informations mises en place dans les deux précédents. Dans cette optique, il apparaît comme préalable à cette étape de connaître et ce, de manière la plus précise possible, la localisation exacte de chaque enjeu. Il est clair que l'aléa inondation est un phénomène très spatialisé tant du point de vue de ses caractéristiques intrinsèques définissant son intensité que

de son étendue. En conséquence, il s'avère indispensable de travailler avec des échelles de précisions comparables afin de s'assurer de la cohérence et du niveau de précision résultant du croisement de ces deux informations.

### 2.3.4. La partie dommage

Le quatrième module consiste à faire le lien entre l'enjeu exposé et le montant de dommage escompté. La monétarisation du risque encouru se fonde sur le degré local d'intensité de l'aléa et de la susceptibilité de l'enjeu face à cette intensité. Les études portant sur cette thématique se limitent très souvent à la valorisation des dommages directs causés par les inondations. Rappelons que la communauté scientifique s'accorde à dire que cette étape d'évaluation financière constitue la plus délicate à traiter de par son caractère empirique (Jonkman et al, 2007 ; FHRC, 2005 ; Dutta et al, 2003).

Malgré toutes les limites et incertitudes déjà évoquées, l'emploi des courbes de dommages permet d'estimer la valorisation des pertes en cas de survenance d'un aléa.

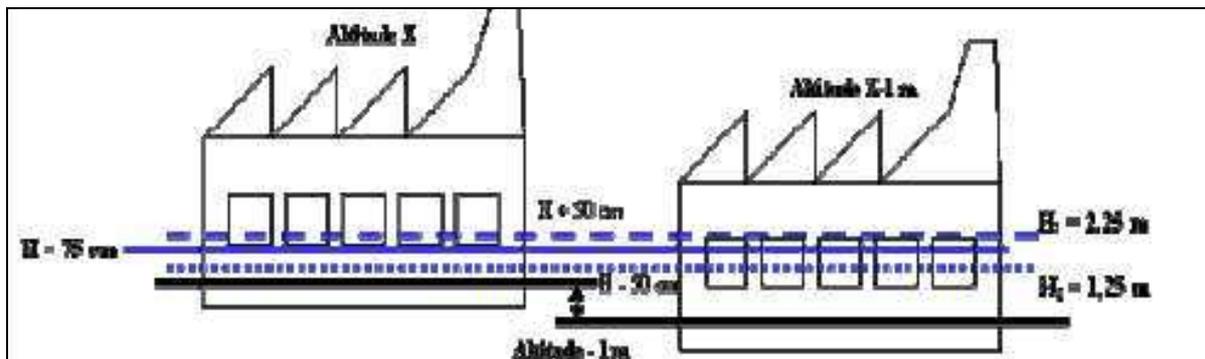


**Figure 2-5 : Exemple de courbes d'endommagement produites à partir de l'analyse des dommages (bâti) (D'après Leone et al., 2006). A : niveau d'endommagement moyen ; B : intensité moyenne des dommages ; C : % de destruction totale ; D : % de pertes humaines en fonction des % de destruction totale.**

L'emploi de ces courbes, dont une illustration est présentée dans la figure 2-5, permet de répondre aux besoins de maîtrise par les assurances du degré d'exposition de leurs portefeuilles d'assurés et de la valorisation des pertes assurées en cas de survenance d'un aléa donné. Ces informations constituent un savoir indispensable afin de développer une stratégie de gestion du risque adaptée, de préférence à l'échelle d'un bassin versant dans le cas des inondations, selon la fréquence de l'événement considéré.

### 2.3.5. Incertitudes des données et conséquences

Que ce soit l'imprécision des données en entrée comme l'occupation du sol ou l'altitude des lieux de risques, toutes jouent un rôle non négligeable sur les estimations de dommage. Cependant, la communauté scientifique s'accorde à dire que ce sont les courbes de dommages elles-mêmes qui induisent le plus d'incertitudes. En effet, le simple fait de considérer un ensemble d'enjeux bien que présentant de fortes similitudes engendre nécessairement une part d'approximation. Considérer des zones homogènes en termes d'occupation du sol est forcément restrictif. Agréger des données engendre irrémédiablement une perte d'informations. La figure 2-6 illustre ces propos et schématise les erreurs combinées liées à l'emploi de deux données de natures et de précisions différentes.



**Figure 2-6 : Imprécisions combinées du modèle numérique de terrain (1m) et du modèle hydraulique (50 cm) pour une entreprise estimée exposée à 75 cm d'eau pour un scénario donné : selon le cas, l'entreprise se trouve dans une hauteur d'eau comprise entre 1,25m et 2,25m ou 25 cm hors d'eau (Mengual, 2005).**

A ce titre, la notion d'incertitudes doit faire partie intégrante du modèle et à chaque étape le modélisateur doit les avoir à l'esprit afin de ne pas introduire de biais dans l'interprétation des résultats et in fine, dans les prises de décisions découlant de ceux-ci.

## 2.4. L'ÉVALUATION EX ANTE DES DOMMAGES

L'évaluation d'un dommage potentiel requiert un ensemble de connaissances permettant de préciser les caractéristiques intrinsèques de l'aléa étudié, d'identifier et de dénombrer les enjeux présents sur le territoire. Ajouté à cela, il faut également connaître les paramètres de l'équation qui fournit le coût des dommages par croisement de l'aléa et des enjeux.

La notion de spatialisation que ce soit de l'aléa ou des enjeux, apparaît clairement. En effet, la réalisation du croisement de ces deux couches d'informations ne se révèle être pertinente que si elle s'appuie sur la connaissance précise des territoires impactés par l'aléa et de la localisation, sur ceux-ci, des enjeux.

Suite à ce premier ensemble de remarques, il apparaît essentiel de s'interroger sur l'axe à donner aux modèles, autrement dit d'obtenir des objectifs clairs permettant par la suite de bâtir un modèle permettant raisonnablement d'y parvenir. D'une manière générale et à la lumière des diverses philosophies employées pour l'estimation des dommages générés pour la survenance d'une inondation (CEPRI, 2008) à l'échelle mondiale, il semble opportun de :

- Caractériser l'aléa inondation,
- Distinguer chaque type de dommages potentiels (direct, indirect...),
- Distinguer le risque industriel des autres risques,
- Disposer d'une segmentation très fine par type d'enjeux (différentes catégories de logements et de leurs contenus...),
- Définir le ou les paramètres nécessaires et suffisants à l'évaluation des dommages.

### 2.4.1. L'aléa et ses caractéristiques

D'une manière générale, il est clair que la modélisation des dommages dépend de la pertinence des données issues des calculs hydrauliques. En outre, il faut également noter que la relation aléa-enjeu est largement tributaire de la précision des données altimétriques utilisées puisque, comme évoqué précédemment, l'un des facteurs le plus discriminant pour expliquer un niveau de dommage est la hauteur d'eau au droit de l'enjeu étudié.

La caractérisation de l'aléa implique de réaliser en amont de l'étape de modélisation une recherche visant à :

- Décrire les principaux contextes de survenance des inondations (exemple : type de crue),
- Indiquer les paramètres hydrauliques à prendre en compte pour analyser la vulnérabilité de l'enjeu au risque inondation et expliquer comment et pourquoi ces paramètres conditionnent la nature et l'ampleur des dégâts,
- Décrire la notion de scénario de référence (PHEC, crue centennale...),

- Décrire les sources d'informations et où les trouver (base de données géographiques, expérience passée...).

Après avoir clairement déterminé l'ensemble de ces informations, le modélisateur se doit de vérifier l'existence et la pertinence des documents auprès des autorités compétentes DDE-DRIRE-DIREN... Il n'est pas rare que le bassin versant étudié ait, par le passé, déjà fait l'objet d'analyses hydrauliques. Seulement, l'emploi des résultats de simulations antérieures est tributaire de la disponibilité des informations employées à leurs élaborations (données, méthodes et modèles) permettant de porter un jugement critique afin d'évaluer la qualité de ces données, d'en estimer les limites pour, in fine, déterminer si elles satisfont ou non les besoins inhérents aux travaux à mener.

En outre, il faut également s'interroger sur le caractère péremptoire de telles études, en s'assurant qu'aucuns travaux susceptibles d'affecter les écoulements n'aient été entrepris depuis. L'occupation du sol pouvant connaître des évolutions parfois spectaculaires sur des périodes assez courtes induisant de ce fait de forts bouleversements sur les écoulements locaux (MEEDDAT, 2007).

Le troisième point concerne la typologie des crues. En effet, selon le type de crue, différents processus interviennent impliquant des échelles spatio-temporelles sans commune mesure. Par exemple, le délai d'alerte, donc de prévision, des crues éclair ne s'étend pas au-delà de quatre heures avec de fortes incertitudes. La prévision de l'éclatement d'un orage de type orographique ainsi que sa localisation demeurent très imprécises malgré les moyens mis en place par les services de prévisions et d'alerte de Météo-France.

Du point de vue des caractéristiques hydrauliques, une crue éclair et une crue de plaine se distinguent par la vitesse de montée des eaux, la vitesse des écoulements, la turbidité, la durée et le temps de submersion. Les temps de submersion peuvent aller de quelques heures pour une crue éclair à des semaines pour une crue se déroulant sur un vaste bassin versant de plaine.

Ensuite, il convient de définir un scénario de simulation ou plus exactement un type d'aléa. La mesure de référence est la période de retour, c'est-à-dire la probabilité de voir survenir un aléa d'une intensité donnée sur l'année. L'idéal est de multiplier les scénarios suivant une gamme de période de retour la plus ample possible, de manière à pouvoir définir, pour un enjeu donné, la fréquence à partir de laquelle il sera directement impacté par l'aléa (Meyer et al, 2009). Plus généralement, les études s'attachent à modéliser soit le scénario correspondant aux plus hautes eaux connues (PHEC) soit à la crue centennale.

Un point qui mérite attention concerne l'existence éventuelle de facteurs aggravants du risque comme notamment la présence de digues (possibilité de rupture) ou encore l'artificialisation récente de zones naturelles d'expansion des crues dans le bassin versant. Un scénario défavorable, faisant une réalité de l'un ou l'autre de ces facteurs, pourra générer une multiplication de l'intensité de l'aléa et également de son extension spatiale.

D'une manière plus ciblée, les phénomènes d'affouillements ou de sous-pressions hydrostatiques peuvent être observés localement engendrant, lors de leurs occurrences, des dégâts potentiellement graves sur les structures et les fondations des enjeux de type bâti (DGUHC, 2005).

#### 2.4.1.1. Caractéristiques hydrauliques influençant les dommages

Une inondation résulte d'une crue débordante et se caractérise par la sortie des eaux du lit mineur d'un cours d'eau. Les dommages sont fonctions des caractéristiques intrinsèques de la crue débordante, auxquelles il faut ajouter d'autres facteurs de nature différente. D'une manière générale, il est possible d'avancer les critères suivants comme influençant directement les dommages :

- La hauteur de submersion,
- La vitesse du courant,
- La durée de submersion,
- La turbidité, ou de manière plus générale ce que l'eau est capable de transporter, que ce soit en suspension, en charriage ou en dilution,
- La vitesse de montée des eaux et le délai d'alerte ou d'intervention, qui peut ne pas être un critère hydraulique et s'avère un critère différent de celui de la vitesse de montée des eaux,
- La période de survenance des crues (en agricole par exemple).

A ce niveau il faut s'interroger sur la notion de seuils et de ses effets sur les dommages. La littérature distingue à ce niveau le type de bâti. En ce qui concerne le bâti type maison individuelle ou immeuble, la notion d'effet seuil ne semble pas retenue par les spécialistes du domaine tandis que, pour ce qui concerne le secteur industriel, de nombreux auteurs soulignent leur importance dont (Ledoux et Sageris, 2000). Cette dernière remarque se conçoit assez facilement : il suffit de considérer la limite à partir de laquelle l'eau va atteindre les stocks de produits finis ou de matières premières pour lesquels un contact avec l'eau les rendraient inexploitable ou invendables.

Dans cette optique, (Ledoux et Sageris, 2000) ont publié les résultats obtenus lors d'une enquête - exercice théorique demandé à des industries – en région parisienne. Les effets de seuil suivants ont été estimés :

- Entreprises de construction automobile : une différence d'un mètre d'eau fait passer le coût total des dommages directs de 5 à 40 MF,
- Entreprises pharmaceutiques : le passage de la cote + 2,05 à + 2,15 m par rapport au terrain naturel conduit le coût total de 8 à 128 MF,
- Entreprises aéronautiques : à la cote +50 cm, les dommages sont de 65 MF, à la cote +1 m de 165 MF et à partir de +1,25 m de 210 MF. Les effets ne varient plus au-delà, même à la cote +3 m.

Il faut préciser que le degré d'incertitudes des sorties des modèles hydrauliques, qui est bien évidemment fonction des données en entrée mais aussi des codes implémentés, ne permet pas d'obtenir des hauteurs d'eau de précision centimétrique. Grossièrement, la précision des modèles mathématiques est à l'échelle décimétrique (Bruner, 2008 ; Meyer et al, 2009). En conséquence, il apparaît raisonnable d'avancer que la précision des sorties des modèles sera égale à celle des données altimétriques utilisées en entrée. De ce constat découle une interrogation évidente sur les moyens (donc les coûts) à mobiliser pour réaliser ces études et plus particulièrement, de la pertinence d'employer des modèles ou des courbes d'endommagement extrêmement fins pour réaliser une analyse de vulnérabilité.

En outre, il est clair que la hauteur d'eau à l'intérieur d'un bâtiment est le facteur le plus influent sur les dommages engendrés par la crue, à l'exception cependant des cas de rupture de digue (scénario Loire, par exemple) où dans ce cas on passerait dans un schéma du tout ou rien.

- La vitesse d'écoulement des eaux de crue

Les dommages aux constructions sont également fonction de la vitesse du courant. La force du courant a des capacités d'arrachage et de transport. Le courant peut provoquer des érosions, l'affouillement de fondations, de piles de pont... Associé à de forts volumes d'eau, ce paramètre peut provoquer des destructions. Ces dernières peuvent également être provoquées par des objets transportés en raison du courant.

- Durée de submersion

La durée de submersion correspond au temps écoulé entre la montée des eaux, leurs stagnations et leurs retraits. Néanmoins, au droit d'un site donné, c'est une information souvent obtenue par enquête auprès d'habitants proches, lorsque les crues historiques ne sont pas trop anciennes.

- Temps de montée des eaux

Il conditionne la capacité à pouvoir prendre ou non des mesures efficaces pour réduire les dommages. Mais le temps de montée des eaux et le délai de prévision et d'alerte ne coïncident pas systématiquement, notamment pour des crues de type éclair. Ce dernier pouvant être assez réduit.

D'une manière générale, il faut avoir à l'esprit qu'il existe différents types de crues avec leurs propres caractéristiques. Chacun des facteurs cités ci-dessus peut avoir une importance plus ou moins forte selon qu'il s'agit d'une crue de plaine ou d'une crue éclair. Par exemple, la vitesse d'écoulement s'avère être un facteur négligeable dans le cas de crue de plaine puisque, de par leur nature, celle-ci est, généralement, inférieure au seuil critique de 1 m/s adopté dans la majeure partie des PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation). A contrario, dans le cas de crue éclair le facteur vitesse de courant s'avère être très important puisque c'est en partie lui qui influence le laminage des parois des rives, la turbidité voire le charriage de matériaux lourds (rochers, arbres, voitures...) multipliant ainsi le potentiel destructeur de la crue.

Eu égard aux remarques précédentes, il semble opportun de s'engager dans une hiérarchisation des facteurs discriminant du niveau de l'aléa inondation en fonction de sa nature (tableau 2-2).

**Tableau 2-2 : Hiérarchisation des facteurs discriminants de l'aléa inondation selon le type de crue.**

	Type d'inondation	Plaine Remontée de nappe	Torrentielle
<b>Ordre d'importance des facteurs</b>	1	Hauteur de submersion	Vitesse de submersion
	2	Durée de submersion	Hauteur de submersion
	3	Vitesse de submersion	Durée de submersion

### 2.4.2. Les enjeux

Le terme « enjeux exposés » désigne tout ce qui peut-être affecté par un phénomène et subir des préjudices ou des dommages (Marche, 2008).

Une inondation a diverses incidences touchant tous les aspects de la « vie » du bassin versant parmi lesquels il faut distinguer les préjudices humains des dommages matériels et des conséquences de diverses natures.

La composante humaine exprime les atteintes à la santé de la population causées par l'inondation et ses suites. Généralement exprimés en nombre de morts, de disparus et de blessés, ces chiffres rendent compte des conséquences directes (par exemple morts noyés) et indirectes (accidents imputables à l'inondation).

Les dommages matériels constituent l'autre volet du risque inondation. Généralement exprimée en termes pécuniaire, la prévision de ces dommages revient à évaluer ceux des particuliers (biens immobiliers) et plus généralement des établissements (industries, activités commerciales, activités agricoles...).

Le troisième volet est plus délicat à évaluer et concerne, par exemple, le ralentissement de l'économie locale du fait de la désorganisation des réseaux et services locaux se traduisant inévitablement par des manques à gagner, voire des pertes, pour les acteurs économiques.

La démarche de caractérisation des impacts éventuels d'une inondation utilise les résultats d'une étude hydraulique et de l'interprétation des zones inondées pour tenter de quantifier les préjudices humains et les dommages aux biens prévisibles.

En cas d'inondation, il semble a priori légitime de considérer que la quasi-totalité des conséquences directes, humaines ou économiques est concentrée dans la zone inondée. Il devient alors possible de se livrer dans cette zone à un recensement des populations et des biens afin de déterminer un nombre potentiel de personnes exposées ainsi que le nombre et le type de biens.

L'importance des dommages lors d'une inondation est tributaire du nombre ainsi que de la nature des enjeux exposés. L'identification et le dénombrement des enjeux au sein des

territoires directement impactés par l'aléa constituent, à ce titre, une étape fondamentale pour la détermination des dommages potentiels. Actuellement, diverses méthodes existent plus ou moins facilement reproductibles et plus ou moins coûteuses en termes financiers et de données. D'importants efforts méthodologiques sont réalisés à ce niveau et mettent en avant la nécessité de considérer chaque enjeu selon la famille à laquelle il appartient.

#### *2.4.2.1. Typologie des enjeux*

Il faut distinguer au minimum :

- L'humain,
- Le bien du particulier type maisons individuelles,
- Le bien du particulier type habitats collectifs (immeuble),
- L'agricole,
- L'entreprise,
- Les infrastructures de communication,
- Les enjeux particuliers (comme les établissements recevant du public).

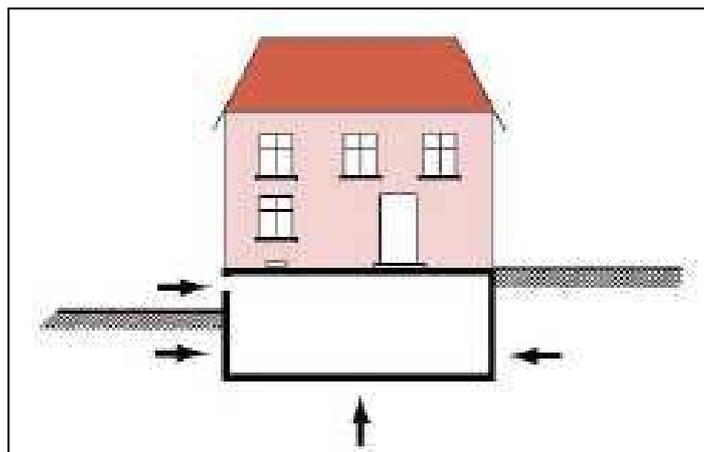
Cette première distinction permet de définir les grandes classes d'enjeux qu'il faut étudier de manière séparée. Bien entendu, il semble opportun d'affiner ce classement dans une optique de détermination du coût des dommages pour l'assurance. Chaque classe d'enjeux présente des caractéristiques qui lui sont propres. L'intérêt de réaliser une classification fine s'inscrit dans la volonté de représenter séparément leur propension à subir des dommages ou des préjudices. Cependant, il apparaît inutile de créer une multitude de classes d'enjeux sans que, derrière, les courbes d'endommagement, ou toutes autres relations entre l'aléa et l'enjeu, ne soient clairement établies.

- Le bien du particulier type maisons individuelles

(Jonkman et al, 2007) ont montré que le poids des biens du particulier, en l'occurrence l'habitation, constitue la partie centrale des travaux portant sur l'estimation des dommages générés par une inondation puisqu'il représente la plus grande partie des coûts. Les habitations peuvent être affectées de multiples manières par l'aléa. Les hétérogénéités architecturales et fonctionnelles des habitations conditionnent la réponse à l'aléa.

Avant d'étudier cela plus en détail, il convient d'aborder dans un premier temps les différences de vulnérabilités liées au type même de constructions face à un même aléa.

Au sein d'un même groupe de biens, une distinction doit être opérée de manière à appréhender les différents modes de pénétration de l'eau. La première caractéristique déterminante à ce niveau concerne l'existence ou non d'un espace en sous-sol susceptible d'être inondé avant même que l'eau n'affleure le sol par les phénomènes de percolation. En outre et dans le cas commun d'une inondation des sols, ces espaces en sous-sol sont inévitablement envahis entièrement par l'eau principalement par les voies de circulation d'air.

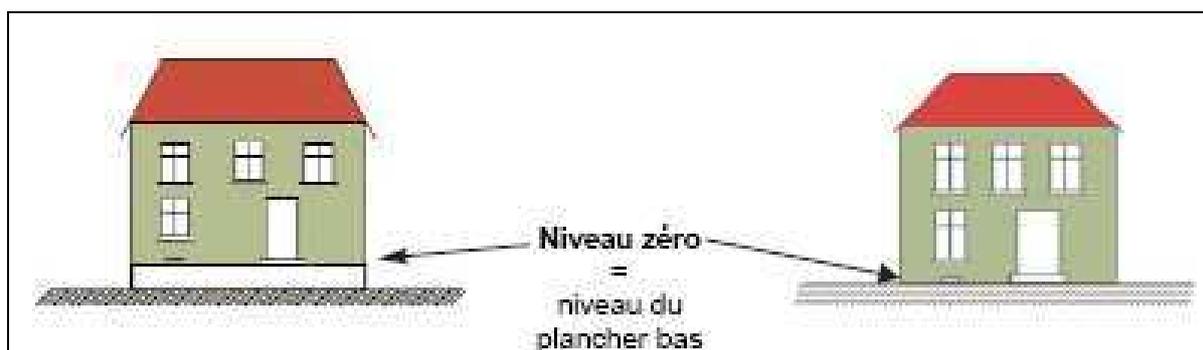


**Figure 2-7 : Représentation des différents modes de pénétration de l'eau dans un espace en sous-sol.**

Des études techniques ont montré que l'imperméabilisation des parois en sous-sol ainsi que des voies d'aération demeure délicate à mener et très coûteuse (DGHUC, 2005). Si l'on combine à ceci, les problèmes générés par des différences de pression hydrostatique, l'imperméabilisation totale des espaces en sous-sol semble être une solution à ne pas généraliser.

En ce qui concerne les maisons ou bâtiments au-dessus des sols, il apparaît évident que l'imperméabilisation totale des enjeux n'est techniquement pas envisageable du fait de la pression hydrostatique encore une fois et aussi, de la poussée d'Archimède qui aurait pour conséquence la déstructuration totale du bâtiment en question notamment au niveau de ses fondations (DGHUC, 2005). C'est une des raisons pour laquelle les barrières d'inondation distribuées par les autorités locales ont vu leur hauteur limitée à un mètre (MEEDDAT).

Dans un second temps, il faut prendre comme valeur de référence définissant le seuil d'« inondabilité » le niveau du plancher bas comme illustré sur la figure ci-dessous.



**Figure 2-8 : Illustration du niveau de référence à prendre en compte pour le calcul de la hauteur d'eau dans un bâtiment.**

Plusieurs interrogations surviennent à ce niveau. Il est clair que les méthodes et moyens de souscription actuels ne permettent pas de collecter des données comme la hauteur du plancher, notion pourtant fondamentale dans la détermination du niveau de l'aléa inondation.

Une typologie adaptée à la détermination du risque nécessite également de considérer, outre l'existence ou non d'un espace en sous-sol, la superficie du plancher, le nombre de pièces et d'étages, le type d'installation électrique, la hauteur de fixation de la chaudière, ...

Une estimation fine doit nécessairement être déterministe et donc requiert un ensemble de données quantitatives et qualitatives, le plus exhaustif possible. La création d'une telle banque de données n'est décemment pas envisageable notamment au regard des bénéfices que cela serait censé apporter, d'autant plus que cela nécessiterait le déplacement d'un expert. Le montant des primes en assurance habitation des particuliers ne permet pas de réaliser de tels relevés et encore moins le déplacement d'un agent.

A contrario, il est envisageable de procéder suivant une approche incluant le déplacement d'un expert pour les risques lourds notamment pour les professionnels ou pour le secteur industriel.

Il apparaît donc opportun de s'engager dans une voie de prospective ayant pour objectif de déterminer l'adéquation entre les données à collecter et le coût généré par leur acquisition autorisant une estimation correcte de la charge sinistre potentielle. D'une manière générale, la distinction du bâti s'opère selon le degré de vulnérabilité évalué a priori. La figure ci-dessous propose une typologie allant dans ce sens.



**Figure 2-9 : Typologie de l'habitat dans le Val nantais selon le degré de vulnérabilité (D'après Jousseau et Mercier, 2008).**

Bien entendu, la réalisation d'une étude fondée sur une typologie aussi fine nécessite d'avoir accès à ces informations. Eu égard au contenu des bases de données d'AXA France, la création d'une typologie de l'habitat ne peut être envisageable à un tel niveau de détail. Du point de vue des caractéristiques « architecturales », les seules informations disponibles dans les bases de données du segment habitation sont chez AXA : maison, appartement en rez-de-chaussée et appartement hors rez-de-chaussée ainsi que le nombre de pièces. Dès lors que les enjeux sont identifiés, la prochaine étape consiste à se livrer à leurs recensements sur les territoires.

#### 2.4.2.2. *Le dénombrement des enjeux sur le territoire*

Evaluer a priori le risque inondation nécessite d'identifier les territoires concernés par la crue débordante avec les enjeux qu'ils contiennent. A cette fin, il apparaît incontournable de procéder à l'inventaire des enjeux présents sur les territoires. Les enjeux pris en compte dans cette étude se limitent aux personnes, aux types d'habitations ainsi qu'aux établissements présents sur les territoires.

Les conséquences les plus dramatiques d'une inondation sont sans conteste les préjudices humains. Elle peut affecter un grand nombre de personnes lorsque la zone inondée correspond à des zones habitées ou urbanisées. Chaque portion de la vallée fluviale présente un danger qui lui est propre. L'analyse de ce danger nécessite de prendre en compte l'habitat et l'utilisation des territoires. Pour être complet, il faut ajouter que le temps de montée des eaux ainsi que les dispositifs d'alertes peuvent influencer fortement sur le bilan des conséquences d'un tel événement. En outre, le moment de la journée et également la saison peuvent modifier les enjeux humains présents sur les territoires au moment de l'inondation.

Cependant, la distribution des populations sur un territoire complexe s'avère délicate à mener en raison du nombre de données et de paramètres à prendre en compte (distribution de la population sur le territoire en fonction de l'occupation du sol ou en fonction des mouvements pendulaires de la population). Dans ce cadre, une analyse des enjeux humains exposés peut être réalisée à partir des données du recensement général de la population en 1999 qui constituent actuellement les seules données complètes disponibles. Depuis 2004, le recensement des populations se fonde sur des enquêtes ciblant juste une partie de la population.

D'autres types de données ont récemment été diffusés, il faut ainsi citer les données carroyées de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) estimant la population conformément au RFL (Revenu Fiscal Localisé) dans un maillage de 1 km de côté et accessible depuis fin 2010.

D'une manière générale, le recensement des enjeux se fonde inévitablement sur le dénombrement pour chaque type d'enjeux et sur la connaissance précise de leur distribution au sein du territoire sujet à l'aléa.

Dans cette optique, plusieurs méthodologies ainsi que plusieurs échelles de travail sont possibles et sont présentées ci-après.

#### **2.4.3. Le recensement des enjeux sur les territoires**

Différentes approches sont généralement proposées pour se livrer au recensement des enjeux sur les territoires. Cette partie propose de les présenter selon l'échelle spatiale utilisée pour l'identification et le dénombrement des enjeux au sein d'un territoire.

#### 2.4.3.1. *L'approche zonale*

Cette approche se place du point de vue de l'occupation du sol. Elle vise à discrétiser le territoire en zones homogènes en termes d'occupation du sol et donc d'enjeux contenus dans cet espace ainsi délimité. Ensuite, à chaque zone d'occupation du sol est attribuée une densité moyenne d'enjeux de même type. Il ressort à ce niveau, la principale limite de cette méthode. En effet, le niveau d'homogénéité d'une zone donnée est directement lié à sa nature. En milieu urbain dense, il est clair que les zones commerciales et les zones d'habitations sont fortement mélangées avec la configuration type de centre-ville organisée avec des commerces en rez-de-chaussée et des zones d'habitation en étage.

A contrario, les zones rurales semblent présenter un profil plus propice à ce genre d'exercice. Cependant, les zones à forte concentration d'enjeux sont celles susceptibles de générer les coûts les plus élevés et doivent, de ce fait, faire l'objet des estimations les plus précises. Si l'on ajoute à ces remarques, la perspective qui consiste à estimer les dommages, il apparaît que le cumul d'enjeux différents au sein d'une zone s'avère plus délicat à mener sur les zones urbaines denses.

A ceci, il faut ajouter les approximations souvent très importantes que peuvent engendrer cette méthode avec notamment la présence d'enjeux particuliers du fait de l'engagement financier important que représentent, par exemple, les établissements recevant du public ou les établissements industriels lourds.

Le dernier point concerne l'étape de croisement de l'information sur les enjeux avec celle de l'aléa. En effet, les zones homogènes d'enjeux ne correspondent que très rarement avec celles de l'aléa du point de vue de son intensité. Il conviendrait d'affecter à ces zones un niveau moyen d'aléa autorisant ainsi le calcul de dommages dans la zone étudiée.

L'approche zonale présente un avantage certain. Rapide à mettre en œuvre, elle permet d'apporter une première vision globale de la vulnérabilité potentielle d'un territoire. En outre, sa couverture spatiale autorise son application à de vastes territoires.

#### 2.4.3.2. *Approche par entité de biens homogènes*

L'objectif de cette approche nécessite de procéder à une classification des enjeux selon une typologie telle que chaque classe ainsi formée soit homogène en termes de dommages potentiels face à un aléa d'une même intensité.

La méthode recommandée par (Penning-Roswell et al, 2003) dans le Multi Coloured Manual se fonde sur une approche par entité de biens homogènes. Sa mise en œuvre demande la connaissance précise, pour chaque enjeu, de sa localisation et du type d'enjeux auquel il appartient. C'est à ce niveau qu'apparaissent les principales divergences dans l'application de cette méthode. Le nombre ainsi que le type de classe de biens créés dépendent à la fois des objectifs de l'étude et des informations disponibles sur les biens. Dans le cadre d'une étude ponctuelle portant sur une zone restreinte, il est envisageable de se livrer à un recensement bien par bien. Mais, l'application de cette méthodologie à un vaste territoire nécessite de travailler avec les bases de données existantes (BD Assureurs, INSEE, IGN) et donc de se limiter aux informations qu'elles contiennent.

Il convient de travailler en effectuant tout d'abord la distinction entre les biens résidentiels et non-résidentiels. Dans le Multi Coloured Manual, les biens résidentiels sont, dans un premier temps, classés en 5 classes suivant le type de construction, puis selon leur âge (six catégories) et enfin, suivant quatre classes sociales distinctes. Concernant les biens non résidentiels, ceux-ci sont organisés en dix classes selon leurs domaines d'activités et éventuellement en sous-catégories.

De telles approches impliquant ce niveau de détails, ne concernent que, comme le souligne (Penning-Roswell et al, 2005), des études très détaillées. En dehors de ce cadre, la distinction se fondant sur le type et l'âge de l'enjeu (résidentiel) apparaît comme largement suffisant.

D'une manière générale, l'emploi de courbes de dommage calibrées selon la nature de l'enjeu nécessite de connaître la surface du rez-de-chaussée, son altitude et également, de savoir si le rez-de-chaussée est composé de l'habitation à proprement parler ou d'un garage. En effet, il paraît légitime de penser que :

- une même hauteur d'eau dans un garage n'entraînera pas les mêmes dégâts qu'au niveau de la surface habitée,
- la surface de l'habitation est proportionnelle aux dégâts potentiels.

La communauté scientifique, dans sa majorité, s'accorde à dire que la principale variable discriminante de l'intensité de l'aléa est la hauteur d'eau. A partir de cette information, il devient alors indispensable de connaître l'altitude à partir de laquelle l'eau pénétrera à l'intérieur de l'habitation. Cette hauteur correspond non pas à l'altitude du terrain naturel mais à celle du plancher bas de l'enjeu considéré.

A noter que les approches développées aux Pays-Bas et en Allemagne sont proches de celles appliquées au Royaume-Unis notamment en ce qui concerne la catégorisation des biens à un aléa. Reste des divergences sur la manière d'appréhender l'intensité de l'aléa.

Comme il vient d'être mentionné, le recours à une telle méthode nécessite de connaître obligatoirement un certain nombre d'informations comme la localisation précise du bien en question, sa nature, sa superficie ainsi que l'altitude à laquelle il se trouve.

Globalement, cette méthode semble plus adaptée que l'approche zonale puisqu'il devient possible de déterminer une intensité de l'aléa au niveau de chaque enjeu exposé et permet de travailler directement sur un portefeuille d'assurés (à condition que celui-ci soit correctement géocodé).

Le tableau 2-3 dresse une liste des dégâts que peuvent subir un bâtiment lors de son contact avec l'eau. Il apparaît un ensemble de processus faisant intervenir des mécanismes physico-chimiques variés révélant, une fois encore, les difficultés quant à l'élaboration d'une analyse déterministe des dégâts occasionnés par l'action de l'eau.

**Tableau 2-3 : Les principaux processus de dégradation avec quelques exemples de conséquences intervenants lors d'une inondation sur un bâtiment (DGHHC, 2005).**

Processus de dégradation	Principe de dégradation	Exemples de matériaux	Exemples de conséquences
<b>Humidification</b>	Intégration : - par capillarité - par condensation	Quasiment tous les matériaux (bois, minéraux...)	> Affaiblissement mécanique (pourriture du bois) > Conséquences éventuelles sur la santé (moisissures)
<b>Hydrolyse</b>	Réaction chimique	Colles, peintures	Dissolution (plâtre), décollement, cloquage
<b>Déformation</b>	Gonflement consécutif à l'absorption	> Bois agglomérés, certains bois massifs, certains isolants fibreux  > Matériaux minéraux	> Ouvrages impropres à leur destination  > Gauchissement (plaques minces...)
<b>Corrosion</b>	Action électrolytique	Métaux notamment ferreux	Ecaillage, éclatement des parties scellées
<b>Rétention de fines</b>	Action de filtre des particules transportées par l'eau de l'inondation	Matériaux présentant des cavités (fibreux, cellulaires, appareillages...)	Appareillages hors service Conséquences éventuelles sur la santé

A partir de ce constat, il apparaît un ensemble de phénomènes dont les actions conjuguées peuvent générer des dégâts lourds et nécessitant, pour leur identification et quantification, l'avis d'experts.

Ce tableau illustre la multiplicité de l'action de l'eau sur un bâtiment et montre ainsi toute la difficulté d'estimer a priori les dommages à partir de la connaissance de la hauteur d'eau. Ceci ne remet pas en cause ce qui précède mais souligne de ce fait toute la difficulté du passage du degré d'exposition à l'aléa au coût du dommage.

#### 2.4.4. Le cas particulier de l'entreprise

L'entreprise, de par son importance du point de vue de l'engagement financier qu'est susceptible de représenter ce type de biens, se doit d'être abordée sous un angle particulier. Outre les dommages classiques que l'on trouve chez tous les enjeux de type bâti exposés à un aléa, il apparaît inmanquablement d'autres dommages potentiels de natures différentes. Dès lors qu'une entreprise est touchée par un aléa, son activité est directement menacée. Dans cette optique, il apparaît incontournable de se livrer à une analyse fonctionnelle de l'entreprise. L'objectif étant de connaître plus précisément les activités de l'entreprise, en identifiant les éléments qui participent à la production, et en analysant ceux qui sont les plus

critiques pour la vie de l'entreprise. Elle s'accompagne de l'analyse des facteurs aggravants liés aux caractéristiques du site.

Les grandes familles de conséquences à étudier peuvent être de plusieurs ordres :

- les impacts directs, c'est à dire les dommages qui sont directement infligés aux biens lors du contact avec les eaux (bâtiments, équipements, stocks, etc.),
- les impacts indirects, c'est à dire les pertes d'exploitation liées à l'arrêt de l'activité du site,
- les effets induits, très difficiles à estimer mais qui peuvent représenter, in fine, un coût financier très important (perte d'un marché essentiel pour la pérennité de l'entreprise, par exemple).

#### 2.4.4.1. *Dommages directs aux bâtiments*

Les dommages sur la structure des bâtiments sont fonction de la hauteur d'eau, de la vitesse d'écoulement et également du charriage. En outre, un bâtiment où l'eau peut circuler librement est susceptible de subir des dégâts moindres du fait de la répartition homogène de la pression hydrostatique de part et d'autre des murs. Certains auteurs avancent à ce niveau l'existence d'un seuil, en considérant qu'une hauteur d'eau inférieure à un mètre n'engendre pas de dommages sur la structure du bâtiment (DGHHC, 2005).

#### 2.4.4.2. *Dommages aux stocks et aux produits finis*

Les dommages aux stocks, qu'il soit question de matière première, de produits intermédiaires ou finis, dépendent de leur degré de susceptibilité à l'eau, du type de conditionnement (cartons...) et également de la hauteur de stockage (Mengual, 2005). La première variable à considérer étant bien entendu la hauteur de stockage, les autres facteurs influençant le taux de destruction du stock. A ce niveau, il faut noter pour certaines activités comme par exemple le secteur alimentaire, l'existence de la loi du tout ou rien en matière de perte. Puisque l'arrivée de l'eau dans des zones particulières telles que « stérile » entraîne irrémédiablement la perte totale du stock.

#### 2.4.4.3. *Dommages liés à la perte d'exploitation*

Les pertes d'exploitation peuvent générer des coûts supérieurs aux dommages directs (Ledoux, 1999). Elles découlent du manque à gagner lorsque la production est arrêtée et s'étend jusqu'à la reprise normale de l'activité. Un processus difficile à estimer concerne le temps de redémarrage d'une entreprise parce qu'il dépend du degré d'atteinte et également de la capacité des dirigeants à mettre en œuvre les actions et moyens nécessaires au redémarrage de l'activité.

Un second point concerne l'implication des acteurs publics locaux et l'existence de plan de crise ainsi que de leur capacité à gérer la crise. Il peut parfois exister des priorités pour tel ou tel établissement, c'est-à-dire que l'organisation et l'arrivée des secours se fait de manière séquentielle et hiérarchique.

La perte d'exploitation peut également résulter de l'impossibilité des employés de se rendre sur le site, de l'impossibilité à recevoir les produits nécessaires au fonctionnement de l'entreprise...

#### 2.4.4.4. *Effets domino : Incendie – Explosion*

Le risque incendie/explosion est très important lors d'une inondation. En effet, des réservoirs de liquides ou de gaz inflammables peuvent être endommagés (par la pression de l'eau, par des débris véhiculés par les eaux, etc.), les liquides inflammables peuvent être dispersés sur de grandes surfaces et s'infiltrer avec les eaux sur tout un site, alors même que les risques de courts-circuits sont très élevés. Ces liquides ou gaz inflammables peuvent également provenir d'unités voisines et dans le cas des liquides, être apportés par les eaux. Il est très important de garder cela à l'esprit et de ne pas négliger la protection des moyens de lutte contre l'incendie lors d'une inondation.

D'une manière générale, la mise en œuvre d'une approche opérationnelle de l'estimation de la vulnérabilité financière d'un enjeu et notamment du bâti doit être le fruit d'une concertation étroite entre les différents spécialistes de chaque branche afin d'identifier les données mobilisables à l'échelle d'un portefeuille et de juger ou non de leur pertinence pour refléter un potentiel sinistre.

### **2.4.5. Le recours aux courbes de dommage**

Bien souvent et notamment du point de vue de l'assureur, l'accès à l'information sur la valeur de l'enjeu considéré ou plus exactement sur l'engagement que celui-ci représente pour l'assureur, ne constitue pas un frein à l'évaluation des dommages. Actuellement et à l'échelle mondiale, le facteur source de la majeure partie d'approximations demeure la propension d'un enjeu à subir un dommage selon l'aléa (son intensité) auquel il est soumis ou susceptible d'y être.

Le dommage correspond au pourcentage de perte ou de réduction de la valeur suite à la survenance d'un aléa donné. Par exemple, un sol recouvert de carrelage présente une susceptibilité très faible à l'inondation tandis que le même sol recouvert de parquet bois présente une propension à l'endommagement proche de 100%.

En outre, il faut préciser ici que le concept de susceptibilité ou propension à subir un dommage ne prend pas en compte la notion de dépréciation du bien en fonction de l'âge.

De cette définition, il ressort la difficulté d'appréhender le facteur susceptibilité dans sa globalité puisqu'il varie directement selon la nature du bien considéré. Le travail de construction d'une base de données recensant, pour chaque bien, leur propre susceptibilité à subir un dommage requiert, outre la dimension temporelle non négligeable, l'avis éclairé

d'experts et de spécialistes d'horizons différents. En effet, l'exemple de dommages subis par une chaudière requiert des compétences techniques particulières.

Dans une optique de création d'une base de données dommages, il faut également ajouter une information concernant les circonstances de l'inondation. Dans le cas d'une crue éclair, la vitesse d'écoulement s'avère être le facteur déterminant alors que, pour une crue de plaine, la variable vitesse ne s'avère pas fondamentale. L'environnement local ainsi que les circonstances de la survenue de l'aléa constituent, à ce titre, un champ à part entière d'une base de données dommages. Il convient donc d'identifier l'influence de ces variables sur la propension de chaque bien à subir un dommage afin de construire l'information inhérente à ces caractéristiques.

#### 2.4.5.1. Les fonctions de dommage

La littérature fait état de l'existence de deux philosophies sur lesquelles se fonde le calcul des pertes via les courbes de dommage :

- La première considère les fonctions de dommage comme des lois qui lient les paramètres de l'inondation, le plus souvent les hauteurs d'eau, à un dommage relatif qui est exprimé comme un pourcentage de destruction du bien. Cela nécessite d'avoir pour chaque type de biens une courbe de dommage spécifique.
- La seconde se fonde sur des fonctions absolues de dommages qui déterminent la proportion absolue de dommage (coût/m<sup>2</sup>) selon la hauteur d'eau principalement (approche utilisée au Royaume-Unis, modulée selon que la durée d'exposition excède ou non 12 heures).

L'avantage de cette dernière approche provient du fait qu'il n'est pas obligatoire de déterminer la valeur de chaque enjeu exposé à l'aléa. D'une manière générale, une zone urbaine dense vaut X euros au mètre carré, ce qui a pour conséquence de réduire l'information sur les enjeux aux types d'occupation du sol (cf tableau 2-4). En contrepartie, la principale limite de cette méthode relève de la forte variation locale de l'occupation des sols nécessitant le recours à des courbes de dommages spécifiques pour chaque territoire, qui doivent être récentes et au final, convenir aux spécificités locales de la zone d'étude.

**Tableau 2-4 : Exemple d'une application de l'évaluation économique des dommages dus aux inondations (Bceom, 2005). Les chiffres reflètent des coûts surfaciques exprimés en €/m<sup>2</sup>.**

Hauteur d'eau	Centre ville	Habitat hors centre ville	zones industrielles et commerciales	Equipements collectifs	Réseau routier	Zone agricole
< 0,5 m	30	8	30	0,3	8	0,01
0,5 à 1 m	60	14	60	0,4	11	0,02
1 à 2 m	85	16	90	0,55	16	0,04
> 2 m	90	17	120	3,55	39	0,05

Les données illustrées dans le tableau 2-4 ont été élaborées pour une étude visant à modéliser les dommages générés par les inondations de la Meuse à partir de la prise en compte de fonctions de dommages établies sur le bassin de l'Orne et recalées sur le bassin de la Meuse.

D'une manière générale, il apparaît que les fonctions de dommages absolus sont plus dépendantes du type d'enjeu ou de leur valeur que les courbes de dommages relatifs. En conséquence, les courbes de dommages absolus se doivent d'être encore plus différenciées, ce qui les rend plus difficilement transposables à d'autres territoires. En effet, plus une courbe est spécifique aux caractéristiques locales d'un territoire plus celle-ci verra sa zone d'application se restreindre (MEEDDAT, 2007).

En ce qui concerne l'évaluation de la valeur des biens, de nombreuses méthodes sont utilisées en pratique par les géomètres experts ou les assurances. En parallèle, des méthodes basées sur la surface utile ou le volume de la construction peuvent être envisagées car il s'agit d'informations pouvant être déduites à partir des bases de données géographiques ou d'un modèle numérique de surface.

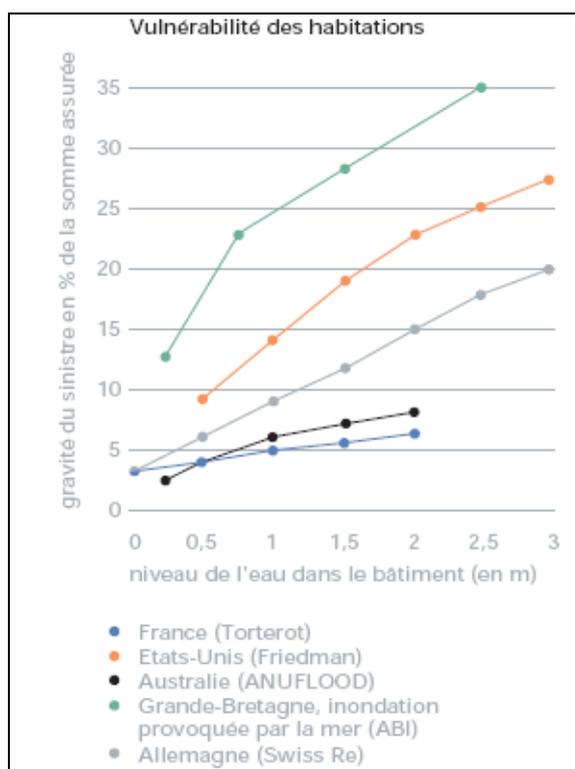
#### *2.4.5.2. L'élaboration des courbes de dommage*

Deux voies d'élaboration de courbes de dommage sont utilisées, l'une s'appuyant sur les événements passés et nécessite la collecte in situ de données après un événement et l'autre, relevant d'une démarche prospective.

Bien entendu, les données relevées sont directement dépendantes de l'intensité de l'inondation par exemple. En général, les informations minimales doivent décrire le type d'enjeux, la hauteur de submersion observée et les dommages résultants. En regroupant l'ensemble des données recueillies, il devient alors possible de généraliser les dommages occasionnés sur un enjeu de même nature selon différentes hauteurs d'eau. Cela sous-entend d'avoir à disposition une large gamme d'observations pour des hauteurs d'eau variées et couvrant de manière la plus exhaustive possible les différents types d'enjeux considérés. Il faut également s'assurer que les estimations de dommages ont été réalisées suivant la même approche afin de travailler sur un lot homogène de données ainsi constitué.

Une approche prospective vise, quant à elle, à estimer les dommages pour différents types d'enjeux classés et catégorisés selon des critères définis a priori. La valeur des différentes composantes de la base de données enjeux est alors estimée ainsi que la valeur potentielle des dommages attendus. Comme précédemment, il devient possible de généraliser les résultats afin d'obtenir des courbes de dommage propres à chaque type d'enjeux. La plus grande source d'approximations de cette méthode tient en la qualité des classes créées qui se doivent de représenter les caractéristiques des enjeux se trouvant sur le terrain (Penning-Rowsell et al, 2003).

Enfin, l'emploi de l'une ou l'autre de ces deux approches devrait être, en théorie, dicté par les objectifs des travaux. En pratique, l'existence et aussi la disponibilité des données contraignent bien souvent le modélisateur à s'orienter vers une approche prospective de l'évaluation des dommages.



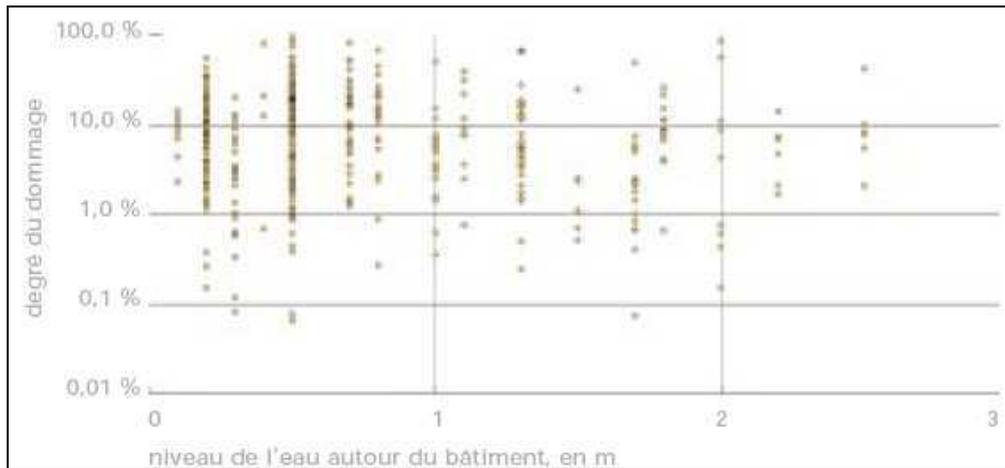
**Figure 2-10 : Exemple des différentes courbes de dommage développées dans différents pays (Swiss Re, 1999).**

La figure 2-10 illustre les différentes courbes de dommage utilisées pour estimer la vulnérabilité des habitations dans les principaux pays. Il ressort clairement que les habitations des Etats-Unis sont plus vulnérables que celles d'Allemagne elles-mêmes plus vulnérables qu'en Australie et en France. Cela paraît surprenant, même si l'on considère les différences du coût du foncier ou des matériaux ; une habitation ne peut décemment pas être 2 à 3 fois plus vulnérables à un aléa d'une même intensité simplement parce qu'elle est allemande ou américaine.

Ces graphiques illustrent bien que l'emploi de l'une ou de l'autre courbe influence fortement le résultat. Il apparaît d'importants écarts directement imputables aux méthodes de construction, aux choix des classes d'enjeux et surtout à l'intervention de paramètres non pris en compte car trop nombreux ou non pondérables.

Cela démontre que ces courbes de dommage sont élaborées pour répondre à un objectif dans un contexte précis et que la construction de ces courbes nécessite l'introduction de facteurs empiriques.

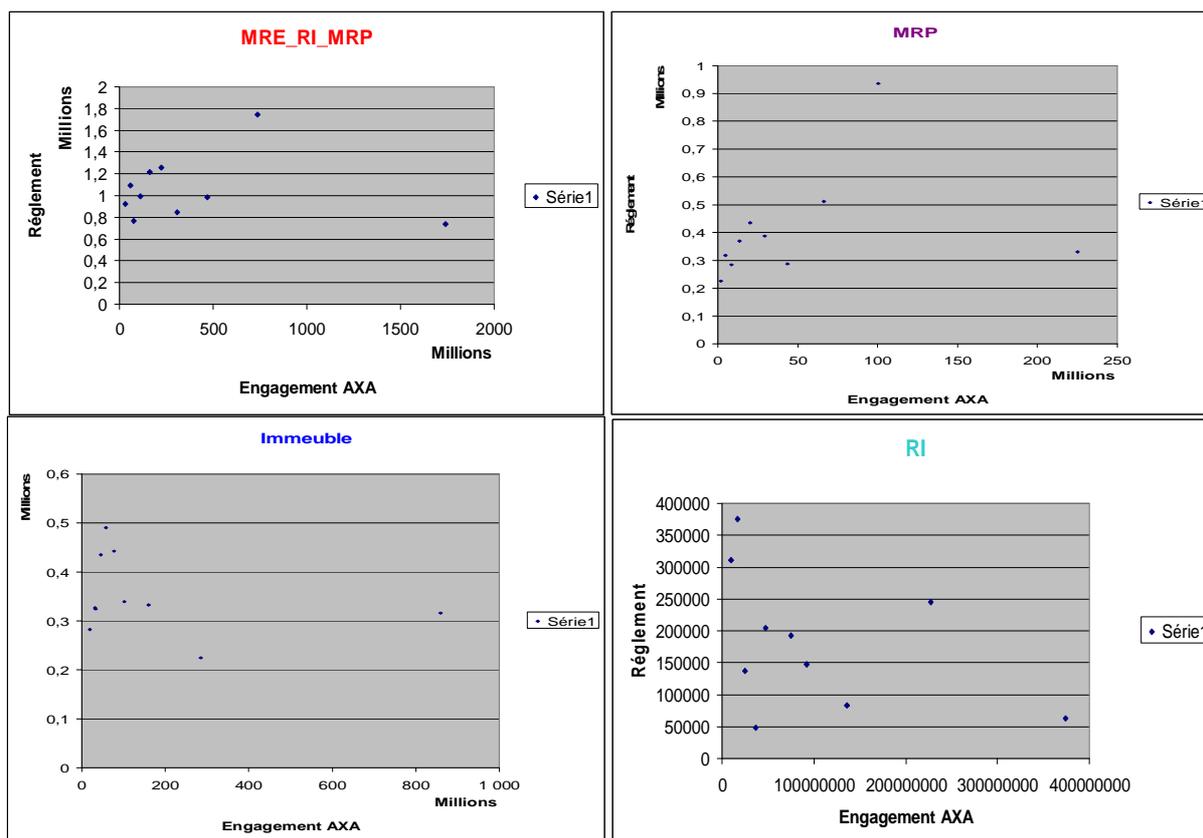
A ce titre la transposition de l'une ou de l'autre dans le contexte de la présente recherche ne semble pas opportune. Eu égard à ce qui a été présenté, il s'avère indispensable de construire conformément aux besoins d'AXA France des données fondées sur les sinistres déclarés afin d'en dégager une ou plusieurs règles dépendantes de l'événement en question.



**Figure 2-11 : Vulnérabilité aux sinistres : contenu d'une habitation. Analyse des sinistres dans une ville de petite taille en Suisse (Swiss Re, 1999).**

La figure 2-11 montre clairement les diverses conséquences que peut avoir une crue sur le coût des dommages. Dans cette figure, il apparaît que la variable niveau d'eau ne permet pas dans ce cas d'expliquer la totalité de l'ampleur des dommages pour les habitations prises dans leur ensemble. Cette figure souligne ainsi qu'il existe des comportements différentiels du bâti face à un aléa d'une intensité similaire et justifie donc l'élaboration de courbes de dommage spécifiques à un type de bâti.

Une évaluation correcte des risques passe nécessairement par la connaissance précise des facteurs qui ont une incidence sur les dommages causés aux différents types d'enjeux exposés. Cependant, il faut garder à l'esprit que des facteurs de natures géographique et temporelle se mêlent à l'estimation du sinistre cumulé pour un événement donné. Ces évaluations se révèlent être indispensables afin de proposer une vision acceptable du risque inondation pour les assurances.



**Figure 2-12 : Essai de détermination d'un sinistre maximum possible concernant le coût des inondations pour AXA France.**

La vulnérabilité aux inondations peut être induite par de nombreux facteurs. Les graphiques de la figure 2-12 représentent les moyennes des charges sinistres réglées (pour l'inondation) par AXA France sur la période 2005 – 2008 mises en rapport avec la moyenne des engagements correspondants. Cet exercice a été réalisé pour les portefeuilles d'assurés immeuble, risque industriel (RI) et multi risque professionnel (MRP).

La dispersion des points sur chacun des graphiques montre combien la vulnérabilité varie d'un événement à un autre et comment la notion de vulnérabilité est difficile à généraliser. Les explications quant à ces écarts obtenus sont simples, les événements ne sont pas tous d'intensité égale, les bâtiments ou plus généralement les enjeux impactés ne sont pas les mêmes.

En outre, il faut également préciser que le montant des engagements ne reflète pas systématiquement la valeur totale du bien assuré. Les directives de souscription limitent, dans certain cas le montant des capitaux assurés à une valeur prédéfinie. Par exemple, pour les risques industriels lourds, il faut noter que l'assureur peut être amené à déterminer un montant maximum d'indemnisation. Ce montant correspond pour l'assureur aux montants des capitaux assurés « incendie » et ne reflète donc pas, dans ce cas, la valeur réelle de l'exposition à l'inondation. En conséquence, le rapport montant des sinistres / montant des capitaux assurés se trouvent en partie faussé.

D'une manière générale, il n'est donc pas possible de dégager de ce premier lot de données une loi permettant de transcrire un coût moyen et in fine de définir des probabilités de non-

dépassement de cette loi afin d'établir pour chaque portefeuille un sinistre maximum possible selon le montant d'engagement.

A partir de ce constat, il apparaît clairement la nécessité d'élaborer une démarche visant à déterminer la vulnérabilité de chaque classe d'enjeux et à tenir compte du niveau de l'aléa pour chaque enjeu. Le recours aux fonctions de dommage s'avère être en théorie un bon moyen pour parvenir à cette fin.

Dans cette optique, quelques outils ont été élaborés afin d'automatiser les calculs de dommage. La partie suivante s'attache à décrire les plus utilisés d'entre eux dans différents pays.

## **2.4.6. Les logiciels de calcul de l'endommagement**

Parmi les différents systèmes de gestion des risques évoqués précédemment, certains conditionnent un fort intérêt en matière d'évaluation du coût des dommages engendré par l'occurrence d'un aléa naturel telle une inondation. Ainsi, plusieurs pays ont vu se développer des gammes de logiciels dédiés afin de répondre aux besoins exprimés par les différentes communautés s'intéressant à ce sujet. Un bref passage en revue des logiciels développés est réalisé ci-après.

### *2.4.6.1. HAZUS-MH*

Le modèle HAZUS-MH (HAZard United States – Multiple Hazards) fut à l'origine élaboré par la FEMA (Federal Emergency Management Agency) pour l'étude des conséquences financières d'un tremblement de terre. Ensuite le modèle HAZUS a été développé à l'initiative de l'USGS (United States Geological Survey) qui en a fait un logiciel personnalisable et donc utilisable par un large panel d'acteurs. Actuellement, HAZUS permet de travailler sur six risques naturels différents dont les inondations. Ce logiciel peut travailler avec différents niveaux de données (et donc de précision) allant d'une couverture plutôt macro à l'échelle de l'enjeu et au calibrage au cas par cas des courbes de dommage.

Entièrement dédié à une application sur le sol américain, il autorise une exploitation directe de l'information géographique et des modèles d'analyse à partir de différentes sources telles que les Modèles Numériques de Terrain (MNT) permettant d'avoir le relief de chaque zone du territoire (fourni au format numérique par la NASA), les données provenant des réseaux hydrographiques permettant de simuler les crues pour différentes périodes de retour ou encore les données d'exposition (uniquement pour les Etats-Unis, ces données pouvant être fournies sur le site dédié au logiciel) (HAZUS, 2009).

### *2.4.6.2. HEC-FDA*

Le logiciel HEC FDA (Hydrologic Engineering Center – Flood Damage Analysis) a été conçu et développé par le USACE (United States Army Corps of Engineers) et permet notamment de réaliser une approche hydrologique et économique du risque inondation. Ce modèle calcule

l'espérance des dommages annuels (dommage annuel moyen) en vue de l'évaluation économique des plans d'aménagement des plaines d'inondation. Le risque et l'incertitude peuvent également être évalués.

Le logiciel permet de stocker les données de natures hydrologique et économique nécessaires à la réalisation des calculs et propose différentes interfaces graphiques à des fins essentiellement de communications avec le cœur du système. Les calculs des dommages se fondent sur la variable hauteur d'eau et l'utilisateur peut renseigner jusqu'à trois courbes de dommages différentes par classe d'enjeux. D'une manière générale, HEC-FDA calcule les dommages escomptés pour un aléa d'une période de retour donnée et pondère les résultats selon la probabilité de dépassement du scénario en question (CEIWR-HEC, 2008).

En outre, HEC-FDA se fonde sur un modèle numérique utilisant la technique de Monte Carlo pour déterminer la proportion d'incertitudes dans la valorisation des dommages en les analysant et en quantifiant à chaque étape de la chaîne de traitement (estimation du débit de crue, de la hauteur d'eau, imprécisions des courbes de dommage).

Le logiciel et son manuel d'utilisation sont téléchargeables gratuitement et libres de droits sur le site du USACE.

#### 2.4.6.3. ESTDAM

ESTDAM a été développé par le FHRC (Flood Hazard Research Centre) en Angleterre. C'est un modèle standard pour l'estimation du coût des dommages à partir des caractéristiques hydrauliques des inondations passées.

Il est conçu pour une approche par entité de biens et utilise les courbes de dommage standard (hauteur d'eau / dommage) en vigueur outre atlantique. Ce logiciel ne permet pas l'intégration de données SIG.

En premier lieu, ce modèle détermine en chaque point la hauteur d'eau au droit de chaque enjeu à partir d'un jeu de données impérativement fourni par le modélisateur. Ensuite, une typologie des enjeux est réalisée liant chacun d'eux à une classe d'enjeux particulière à laquelle est associée une fonction de dommage directement issue du Multi-Coloured Manual (Penning Rowsell et al, 2003). Le système calcule ainsi les dommages escomptés en accord avec les données officielles. Cependant le logiciel ayant été conçu dans le milieu des années 70 et n'ayant pas bénéficié de mises à jour, les résultats produits sont considérés comme obsolètes et sous-estiment de ce fait les dommages réels.

#### 2.4.6.4. MDSF

Le logiciel MDSF (Modeling and Decision Support Framework) a été développé en 2001 sous l'impulsion de la DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs) et de l'EA (Environmental Agency). Ce modèle permet l'intégration de données SIG et a été conçu pour être interopérable avec les logiciels de la gamme ESRI. Il se définit comme un logiciel d'aide à la décision pour le management en zone inondable en apportant une méthode consensuelle pour la mise en place d'une politique de prévention en prenant en compte la dimension sociale de l'application de ces mesures.

Comme pour le modèle ESTDAM, les fonctions de dommage sont issues directement du Multi-Coloured Manual. Son couplage avec un SIG offre l'intérêt certain de créer des représentations des résultats à des fins de comparaisons et de communications. Cela permet entre autres de faciliter la sensibilisation des décideurs locaux en matière de prévention. Un exemple est donné figure 2-13.

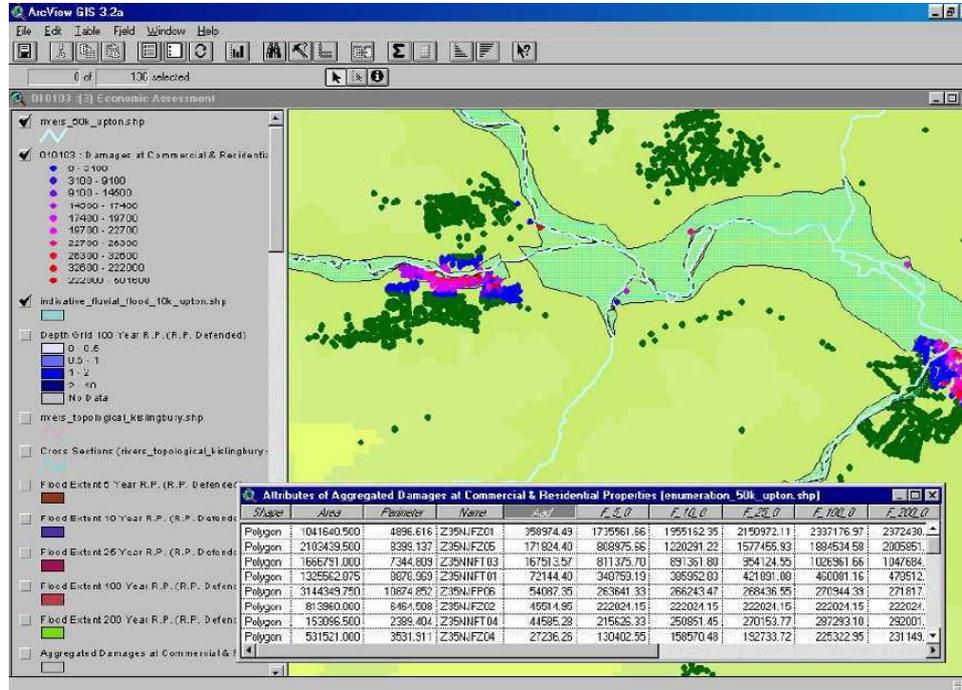


Figure 2-13 : Illustration de la visualisation des résultats du modèle MDSF sous SIG. (Extrait de Karamahmut, 2006)

#### 2.4.6.5. ANUFLOOD

ANUFLOOD a été développé dans les années 1980 en Australie par le CRES (Centre for Ressource and Environmental Studies) et se définit comme un programme interactif pour l'estimation des dommages en zones urbaines. Pour fonctionner ce logiciel nécessite un grand nombre de données enjeu par enjeu comme par exemple, l'altitude du plancher et des étages, la taille et surface de l'enjeu...

Ce modèle se fonde sur l'emploi de courbes de dommages synthétiques dédiées à l'estimation des dommages directs aux biens de type résidentiel et commercial. Il a été conçu à destination des acteurs impliqués dans l'aménagement des espaces urbains potentiellement inondables.

#### 2.4.6.6. FloodAUS

Le modèle FloodAUS a été développé par Risk Frontiers. C'est un outil intégré qui permet de traiter directement de l'information géographique et d'estimer le risque inondation pour une zone urbaine donnée ou à partir de données adresses. Il contient un référentiel adresse australien qui relie chaque adresse à un scoring du risque local. Les sorties de ce modèle sont

principalement la probabilité annuelle d'avoir en un point donné une hauteur d'eau de 1 m, de 2 m et supérieure à 2 m.

D'une manière générale, FloodAUS est un logiciel permettant de définir le niveau d'endommagement absolu que peut subir un enjeu lors de la survenance d'un aléa. A noter qu'il est interopérable avec un SIG ce qui lui permet de fonctionner directement à partir d'un modèle numérique de terrain, d'un modèle d'élévation des eaux de surface et d'une couche contenant les informations sur les enjeux et leur localisation.

#### 2.4.6.7. HIS-SSM :

HIS-SSM (Hoogwater Informatie Systeem - Schade en SlachtofferModule) est un logiciel développé pour les besoins spécifiques des Pays-Bas, il permet de réaliser une analyse des dommages potentiels générés par une inondation induite par une rupture de digue et propose des analyses coût-bénéfices pour la réalisation éventuelle ou le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques. Il contient un ensemble de données notamment des courbes de dommage applicables à l'ensemble des Pays Bas.

Ce modèle utilise le coût de reconstruction ou de réparation des biens, le coût des pertes d'exploitation et estime les autres effets indirects des inondations pour valoriser les dommages causés par une inondation. Une approche commune a été arrêtée aux Pays-Bas fondée sur la discrétisation du territoire selon vingt classes d'occupation du sol auxquelles sont adossées différentes fonctions de dommage selon la nature des dommages considérés (direct, indirect...) (Wagemaker et al, 2008).

Après avoir présenté les différents modèles développés et utilisés dans différents pays, il ressort que ceux-ci sont le fruit d'une volonté forte et d'un long travail de recherche nécessitant bien souvent le soutien direct du gouvernement. Bien que l'utilité de ces modèles soit clairement avérée pour le management des zones potentiellement inondables puisqu'ils permettent tous de valoriser les pertes escomptées selon différents scénarios de crue, ceux-ci n'en demeurent pas moins très spécifiques et bien souvent assimilés à des boîtes noires. Seulement ces modèles fonctionnent à partir de données hydrauliques observées et ne proposent pas de sous-modèles permettant de déterminer ces paramètres dans l'optique d'une évaluation ex-ante des dommages.

La majorité de ces modèles d'estimation des dommages sont alimentés par des données géographiques. D'une manière générale, la donnée géographique est devenue un support universel vecteur d'informations, de la plus anodine à d'autres intéressant la sécurité publique à travers des cartes d'aléa ou d'enjeux. Or, des tergiversations existent sur le sujet de la qualité de ces données, exacerbées par leur démocratisation et utilisation massive quasi-quotidienne par des non-experts, induisant des incompréhensions ainsi que de mauvais usages pouvant avoir un impact réel sur le comportement ou sur la prise de décision. Ceci découle bien souvent d'une confiance allouée aveuglément en ces données ayant un aspect de plus en plus conforme à la réalité. Dans cette optique, le sujet de la qualité de ces données est de plus en plus prégnant et une vision synthétique des travaux et réflexions actuels est proposée dans la section suivante.

### 2.4.7. La qualité de l'information géographique

D'une manière générale, le développement de l'information géographique a connu et connaît encore un essor considérable. Ce phénomène combiné avec des outils de masse a permis la démocratisation de l'information géographique et a rendu son emploi banal faisant partie de la vie quotidienne du grand public (Walford, 2002) grâce à sa large utilisation sur le Web (Aalders, 2002). Cependant, cette diffusion pose problème notamment au niveau de la qualité sous-jacente à ses données soulevant des risques d'utilisation inappropriée, de mauvaise utilisation, de prise de décision erronée s'appuyant sur des conclusions d'analyse (Hunter, 1999, Gervais, 2004 ; Gervais et al, 2005 ; Bédard, 2010 ; Gorla et al, 2011)... L'influence de l'information géographique va jusqu'à induire des comportements résultants d'une confiance aveugle allouée aux divers supports gérant de l'information géographique (Gervais et al, 2010).

Les exemples d'usages inappropriés de l'information géographique et de ses conséquences ne manquent pas. Par exemple, un conducteur polonais ayant trop confiance dans son navigateur GPS, a fini au fond d'un lac artificiel nouvellement créé (AFP, 2008). Ou encore, la destruction d'une maison le 10 juin 2009 aux Etats-Unis par erreur, les coordonnées GPS indiquées étaient semble-t-il erronées.

Dans le monde de l'assurance, un exemple stigmatisant les dommages causés par l'information géographique provient du passage de l'ouragan Katrina en 2005. 75% des cartes d'inondation du gouvernement fédéral américain étaient obsolètes et indiquaient beaucoup de maisons inondées comme situées à l'extérieur de la zone inondable. En conséquence, les habitants n'étaient pas sensibilisés à ce risque et, se croyant hors d'atteinte, n'avaient même pas pensé à souscrire une assurance ou, a minima, ne s'étaient même pas interrogés sur ce sujet. En conséquence, beaucoup de victimes se sont retrouvées sans indemnisation (Maret et Goeury, 2008).

Globalement et comme le montrent ces exemples, l'incertitude relative à l'information géographique qui est à l'origine du risque peut provenir de deux sources selon (Gervais, 2010) :

- D'une qualité déficiente de l'information géographique,
- Des nouvelles technologies permettant une diffusion massive à des non-experts et des traitements inédits.

Dans ce contexte, la notion de qualité est primordiale. Elle cristallise l'ensemble des risques et donc des craintes sur le sujet puisque son impact a une influence directe sur le capital confiance envers les analyses réalisées et, in fine, des prises de décisions opérées sur leur fondement (Certu, 2010). Résoudre ou du moins apaiser les risques nécessite d'aborder chaque problématique liée à l'emploi d'information géographique comme l'a mentionné (David et al., 2005) : « *The basic data quality question – Is this data fit for this purpose? – must be answered every time the data is used.* ».

En effet, les incertitudes et imprécisions de l'information géographique font, par nature, partie intégrante de ce type de données. Outre les problèmes d'obsolescence et de mise à jour, n'importe quelle donnée d'observation ne peut reproduire qu'une partie de la réalité et n'en constitue, à ce titre, qu'un modèle forcément tronqué. Ensuite les aspects techniques et leurs

complexités apparaissent bien souvent, pour les non-experts, comme un frein à la détermination de leur fiabilité et posent des questions quant à la capacité de l'utilisateur à bien comprendre les données dans de nombreux cas (Pornon, 2007). Au final, le problème apparent tient en l'illusion de qualité qu'elle renvoie à l'utilisateur et qui est générée par la qualité des visuels proposés jouissant bien souvent d'une apparence précise et conforme à l'image que tout un chacun peut se faire de la réalité de l'objet modélisé.

Concernant le domaine géospatial dédié à la création de données intervenant en tant que support à la prise de décision, les travaux sont plutôt centrés sur la production d'une information synthétisée aux moyens d'indicateurs et de leurs validations. Du point de vue des producteurs, la diffusion des critères de qualité se limite à transmettre des métadonnées aux utilisateurs qui informent sur les caractéristiques des données géospatiales (Gervais, 2004). Ce type de données est perçu plutôt comme un complément technique (Walford, 2002) qu'une information complémentaire facilitant l'assimilation de ces données par les utilisateurs (Boin et Hunter, 2007) pour apprécier leur potentiel d'utilisation à telle ou telle fin (Devillers et al, 2002). Ajouté à ceci, le contenu de ces métadonnées fait toujours débat, notamment ce qui doit ou ne doit pas figurer dans les métadonnées. Cette problématique trouve des réponses différentes selon les profils d'utilisateurs et de l'utilisation des données (Devillers et al, 2010). En conséquence, les métadonnées se révèlent être peu consultées et donc peu utilisées (Qiu et Hunter, 2002).

Le constat opéré sur le contrôle c'est-à-dire, de manière plus pragmatique, l'évaluation de la qualité semble buter sur des écueils qui, aujourd'hui ne sont pas levés et font l'objet de travaux de recherche actuels (Gervais, 2010). En résumé, le processus d'estimation de la qualité de l'information géographique relève d'un processus complexe et onéreux. Ensuite, la dimension de la qualité, offrant de multiples facettes et donc autant de points de vues, rend délicat voire illusoire de vouloir en évaluer l'ensemble des aspects. Un des points d'achoppement des efforts en cours vise à aborder la qualité par la « face » besoin des utilisateurs tout en cherchant à développer de nouvelles approches.

D'une manière générale, il convient de s'intéresser à la qualité de l'information géographique à disposition et de mettre en avant les limites inhérentes à leur utilisation. En conséquence, le seul comportement raisonnable à adopter est la prudence lors de la communication des résultats de certaines analyses et d'illustrer autant que faire ce peut les éléments théoriques et méthodologiques par des exemples concrets d'utilisation afin de palier les manques d'obligations et donc de matières permettant de juger de la qualité de l'information géographique mise à disposition par les producteurs notamment pour répondre à tel ou tel besoin. Finalement, il convient d'adopter une attitude raisonnable envers les résultats d'analyse obtenus à partir de la combinaison de données dont les tenants et donc les zones d'ombre et incertitudes ne sont pas maîtrisées.

Finalement, les informations disponibles pour l'évaluation de la qualité restent aujourd'hui encore insuffisantes. En conséquence, il se révèle nécessaire de porter à connaissance des utilisateurs la part d'incertitudes inhérente à l'information géographique de manière à ce qu'elle pèse sur les processus de prise de décision fondés sur les connaissances nouvelles apportées par leur emploi. A défaut d'être en mesure de pouvoir quantifier et/ou qualifier ces incertitudes ou d'obtenir des compléments d'informations permettant de définir l'incertitude comme résiduelle, la solution, en l'état, consiste à s'assurer que les usagers finaux (dont font

partie les décisionnaires) en ont pleinement conscience et qu'in fine, l'incertitude soit ainsi absorbée et fasse partie intégrante du processus décisionnel.

## Conclusion du deuxième chapitre

Ce chapitre a présenté l'angle d'approche pour l'appréhension du risque via les outils propres à la géographie des risques. La référence au risque inondation a permis de détailler les éléments constitutifs de la connaissance de ces risques en pointant à la fois les enjeux et les limites inhérents à cet exercice. Les principes, démarches et méthodes abordés dans ce chapitre, au prisme du risque inondation, s'avèrent également valables et applicables aux autres risques qui ont une nature spatiale.

### ➤ De l'état des pratiques par la communauté scientifique

Le tour d'horizon présenté des us et coutumes pratiqués en Europe et dans le monde a permis de constituer une base de référence en matière de gestion du risque inondation jalonnant ainsi le chemin menant à l'acquisition de connaissances nouvelles sur le territoire. La mise en œuvre d'une telle logique d'action passe par le déploiement de données spatiales dédiées à une communauté de professionnels dont les besoins doivent être préalablement explicités. L'objectif étant de s'appuyer sur les usages finaux attendus pour élaborer les démarches et méthodes adaptées et, in fine, apporter des réponses au plus proche des attentes. De cet angle d'approche, il ressort clairement que les efforts déployés par différentes communautés scientifiques ont su aboutir à des modèles opérationnels (Meyer et al, 2009) et parfois appliqués dans le secteur de l'assurance (Penning-Rowsell et al, 2003). La partie la plus discutée de ces travaux concerne le passage du degré d'exposition à l'aléa au coût escompté des dommages. En effet, l'élaboration et le calibrage des courbes de dommage se révèlent être une source majeure d'incertitudes nécessitant une connaissance fine de la typologie des enjeux pour leur emploi dans des approches « site à site ».

### ➤ Du caractère non transposable des modèles existants

Magré les travaux de la communauté sur le sujet, force est de constater que chaque modèle est construit pour répondre à un besoin précis dans un contexte spécifique. En conséquence, chacun possède ses propres spécificités relatives à son domaine et territoire d'application en faisant appel à un ensemble de données et de paramètres dont le nombre, la nature ainsi que la qualité dépendent du contexte et de la volonté politique de chaque pays. De facto, il semble illusoire de vouloir utiliser les modèles et données développés à l'étranger pour leurs applications au contexte français.

### ➤ Des spécificités du contexte français

Le contexte français est marqué par un régime solidaire en matière de risque naturel (régime CatNat) et d'une information sur les aléas naturels tantôt hétérogène, éparse et/ou partielle. Cela fait de l'état national des pratiques et des données un cas atypique en Europe et dans le monde. La pierre d'achoppement se situe au niveau de la qualité de l'information aléa, à la fois réelle et perçue par les acteurs du milieu. L'exemple type en la matière (et qui a contribué pour beaucoup au scepticisme voire à la défiance quant à l'emploi de données de cette nature)

est le débat régnant autour de la qualité des données AZI. Leurs hétérogénéités et plus encore, dans certains cas, leurs opacités sur la qualité interne de ces données, renvoient vers une impression de manque de maturité. De manière pragmatique, cela se traduit par un degré d'incertitudes difficilement quantifiable quant à leurs utilisations dans des études statistiques par exemple. L'absence de métadonnées ou leurs complexités lorsqu'elles sont disponibles, engendrent des difficultés même pour des experts en la matière pour bien comprendre leur qualité (Devillers 2004). De ce constat, il ressort que les non-experts du domaine se montrent réticents quant à leur emploi.

En outre, il apparaît qu'en France la méthode d'identification des risques, qu'ils soient d'origine naturelle ou non, s'articule selon un processus commun qui se cantonne généralement au croisement des informations entre l'aléa et les enjeux, c'est-à-dire à déterminer l'ensemble des hommes et des biens présents sur les territoires soumis à un aléa. Les études de risque à proprement parler se heurtent toutes au manque de scénarios d'aléa, de données sinistres, aux problèmes d'actualisation des données, ... Tout cela montre, malgré les recherches et études réalisées en France, qu'il n'existe pas aujourd'hui un outil standard pour l'analyse des risques sur lequel pourraient s'appuyer les sociétés d'assurance pour réaliser leurs propres études. Seul point commun, la démarche suivie reste la même.

Finalement, l'ensemble des éléments parcourus dans ce chapitre a permis de fixer le contexte théorique et d'en faire ressortir divers enseignements. En effet, la possibilité technique de produire une vision analytique des événements d'ampleur ouvre des perspectives, notamment pour l'apport d'une vision nouvelle de ces risques et également complémentaire de la vision statistique traditionnelle des assureurs.

## CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE :

Le premier chapitre a présenté le contexte français de l'assurance dommage face aux risques climatiques et technologiques. L'accent a été mis sur les aspects techniques, législatifs et également, sur la place de l'assurance dans un système plus global de gestion des événements d'ampleur. Concernant les choix opérés en matière d'évaluation du coût de ces événements, les deux approches qui coexistent au sein de la société AXA France (approche historique et dans une moindre mesure le recours à des logiciels commerciaux type boîte noire) semblent plus relever de solutions par défaut. Il apparaît un manque de savoir-faire réellement adaptés à l'étude de ce type d'événements et finalement, pour un calibrage optimal des extrémités des lois de distribution de pertes. En outre, la problématique des événements d'ampleur trouve un écho particulier en matière de gestion de ces risques et souffre d'un même manque de moyens, données et savoir-faire pour mieux anticiper, suivre et évaluer ces événements notamment dans les premiers jours suivant leur survenance. L'objectif étant de proposer une réponse adaptée et cohérente aux clients sinistrés tout en ne mettant pas en péril l'organisation de l'entreprise. Cela passe par la détermination de modalités de gestion réalistes au regard de l'événement en question. A ce constat, viennent se greffer les évolutions des métiers de l'assurance avec notamment l'arrivée des nouvelles normes de solvabilité ainsi que la possible libéralisation du système de tarification du marché des CatNat. Finalement, le contexte actuel pousse clairement vers une maîtrise accrue de l'ensemble des risques catastrophiques auxquels l'assurance est soumise au moyen de modèles d'analyse des événements d'ampleur plus adaptés.

Le deuxième chapitre a introduit les concepts de l'approche géographique des risques, par opposition à l'approche « assureur », à travers le prisme du premier risque naturel en France. Le contexte évoqué se révèle pour des raisons essentiellement structurelles et organisationnelles non propice aux développements de standard français en matière d'évaluation des dommages. Les recherches et études sur le sujet ont mis en avant les limites inhérentes aux pratiques existantes (insuffisance des scénarios d'aléa, manque de données sinistres pour apprécier la vulnérabilité des enjeux, problème de l'actualisation, peu d'analyses de sensibilité des résultats obtenus...). Ajoutées à cela, d'autres embûches parsèment le chemin menant à la création des modèles par exposition. Le coût des fonds cartographiques, des photographies aériennes, des bases de données topographiques, de tout référentiel à grande échelle ainsi que des données climatologiques mobilisables pour l'évaluation des dommages, se montre souvent exorbitant voire prohibitif à des fins de recherche fondamentale alors que les équivalents à l'étranger sont souvent gratuits (Vinet, 2008). Finalement, force est de constater qu'il n'existe pas aujourd'hui en France de modèles opérationnels répondant aux besoins d'évaluation des dommages, a contrario d'autres pays comme l'Angleterre ou l'Allemagne, en matière d'inondation. En revanche, il ressort de ces études et recherches menées par la communauté sur le sujet, une démarche commune. Il s'agit donc du socle méthodologique sur lequel s'appuyer pour le déploiement des approches dites par exposition au sein d'une société d'assurance.

De cette première partie il ressort divers enseignements. Il est clair que l'état des pratiques et des savoir-faire de la société AXA France ne permet pas aujourd'hui de proposer une véritable vision analytique des événements d'ampleur et par la même, de répondre à

l'ensemble des besoins identifiés. Dans cette optique, le croisement avec les éléments méthodologiques issus des sciences géographiques se pose comme une piste intéressante pour apporter des éléments de réponse pertinents aux besoins rencontrés actuellement par le secteur de l'assurance. Les technologies de l'information géographique se posent comme un vecteur de création de connaissances nouvelles sur un aléa, un enjeu et donc un risque agissant en complément de la vision statistique « assureur ». Les pistes mises en évidence montrent clairement la philosophie à adopter ainsi que les moyens à mobiliser pour la mise en œuvre de telles alternatives.

En parallèle, la sensibilisation des professionnels de l'assurance s'avère être une condition sine qua non pour l'intégration et l'assimilation des méthodes, données et outils familiers de la communauté des sciences géographiques. Pour cela, diverses observations ont permis d'identifier des points de blocage, quant à l'appropriation de cet angle d'approche, engendrés par des raisons de nature essentiellement structurelle. Les différents points suivants ont pu être identifiés :

- Le manque d'expérience des professionnels de l'assurance sur les modalités d'exploitation de l'information géographique en général : absence de processus métier et informatique sur l'ensemble de la chaîne de traitement de ce type d'information allant de l'acquisition de la donnée à la restitution aux utilisateurs,
- Les difficultés d'appropriation des données sur les aléas quand elles existent. Les données publiques sur les aléas (inondation, sécheresse, tremblement de terre...) sont d'origines multiples dont la « traçabilité » n'est pas garantie : l'accès aux données multi-sites, les métadonnées non disponibles, limitant la critique de ces données et le jugement de leur pertinence dans le cadre des assurances...
- En outre, la composante spatiale n'est pas gérée chez AXA France et les compétences requises à la manipulation de ces données spatiales brutes sont rares voire inexistantes laissant augurer du delta à combler quant à leur traitement et intégration au sein du système d'information de l'entreprise,
- Le manque de connaissances des professionnels de l'assurance sur les caractéristiques des aléas naturels et en particulier des inondations.

En conséquence, la sensibilisation des assureurs passe par la levée de chacun de ces points. Ils constituent ainsi de véritables leviers pour changer la perception actuelle de l'information géographique et de ses techniques associées et peuvent, à ce titre, être considérés comme des facteurs conditionnant l'inscription de cet angle d'approche dans les processus métiers de l'assurance.

Devant les constats opérés, diverses pistes de recherche apparaissent en quelques sortes comme des passages obligatoires. Ainsi, la suite de ce présent manuscrit s'inscrit dans une logique de sensibilisation par la démonstration au moyen d'exemples concrets de l'apport de l'information géographique pour la création d'une connaissance nouvelle produisant une véritable valeur ajoutée et donc une contribution notable pour les problématiques du coût des catastrophes et, également, pour l'aspect plus global de la gestion de ces événements du point de vue des métiers de l'assurance.

En conséquence et de manière pragmatique, différents axes de travaux peuvent d'ores et déjà être formulés au regard des éléments de contexte présentés dans cette première partie :

- Suivre le cumul des engagements, définir des éléments de comparaison pour estimer le positionnement du portefeuille sur le marché, juger du dimensionnement des couvertures de réassurance,
- Aider à répondre aux exigences de solvabilité,
- Mieux maîtriser le risque de souscription (fournir des éléments pour définir une politique de souscription et de tarification adaptée au risque, communiquer des règles de prévention ciblées vers les clients exposés),
- S'interroger sur l'assurabilité des risques,
- Améliorer l'ensemble du processus de gestion de ces événements d'ampleur.

L'objectif de la prochaine partie consiste à montrer quels sont les apports de l'information géographique pour la connaissance, l'analyse et la modélisation des risques naturels et technologiques pour une société d'assurance.

# **Partie 2 : Les apports de l'information géographique pour la connaissance, l'analyse et la modélisation des risques naturels et technologiques**

La deuxième partie de ce manuscrit vise à tisser le lien entre le segment financement et coût des événements d'ampleur relatif au contexte industriel spécifique et le contexte théorique spécifique à ces travaux à travers le recours à l'information géographique et à ses techniques associées. L'idée consiste à faire état de manière pragmatique de l'intérêt que peut susciter pour l'assurance l'emploi de l'information géographique via des exemples de création de connaissances nouvelles sur les biens assurés. Le troisième chapitre décrit le processus d'intégration de la composante spatiale et montre l'apport de connaissances engendré par ce biais ainsi que ses limites. Le quatrième chapitre présente plus spécifiquement une démarche de modélisation des risques naturels permettant de pallier aux écueils rencontrés dans la partie précédente. Finalement, il s'agit de montrer les possibilités et les limites inhérentes à cette approche consistant à intégrer la composante spatiale pour l'analyse et la modélisation des risques d'origines naturelle ou technologique pour l'assurance.

# **CHAPITRE 3 :**

## **L'APPORT DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR L'ANALYSE DES RISQUES D'UNE SOCIETE D'ASSURANCE**

Ce troisième chapitre vise à démontrer l'intérêt d'une société d'assurance à s'approprier l'information géographique pour une maîtrise accrue des risques naturels et technologiques auxquels elle est soumise. La première section présente la démarche générale pour analyser ces risques. La deuxième s'attache à déterminer et analyser l'exposition d'un portefeuille d'assurés. Elle permet de fournir des éléments quant à son positionnement ainsi que sur l'équilibre du portefeuille. La troisième partie se concentre sur l'estimation des dommages économiques engendrés par l'occurrence d'un événement d'ampleur et propose deux cas d'applications, l'un sur le risque inondation et l'autre, sur le risque d'explosion. Ce chapitre permet d'apporter les premiers éléments de réponse aux différents axes de recherche formulés en fin de première partie.

### **3.1. L'ANALYSE DES RISQUES POUR UNE SOCIETE D'ASSURANCE**

D'une manière générale, la démonstration consistant à souligner tout l'intérêt de l'information géographique pour le support de la gestion des risques naturels n'est plus à faire (Chemitte, 2008 et Iris, 2009). Sa place, ainsi que son rôle, se sont imposés, notamment pour l'apport d'une information qualitative et quantitative, au niveau des risques d'origines naturelle ou technologique au gré des évolutions de ses technologies associées, c'est-à-dire, en schématisant, du passage de la cartographie papier à celle numérique puis à l'avènement de la géomatique (ensemble des traitements informatisés de données à nature spatiale) en passant par le développement de méthodes de calcul dédiées à la simulation, vulgarisant et démocratisant son emploi dans des domaines aussi multiples que variés.

La modélisation de la réalité est, par définition, inévitablement conditionnée par les objectifs du modélisateur dont le résultat final ne constitue qu'une vision orientée d'une réalité à travers ses propres filtres. Dans cette optique, et en ramenant cette définition à ces travaux, il

convient de bien avoir à l'esprit les objectifs et besoins afin d'échafauder la modélisation d'une information géographique par un processus de représentation cognitive en une base de données exploitable, c'est-à-dire construite de manière à synthétiser l'ensemble de l'information nécessaire et à s'assurer de sa reproductibilité.

**Tableau 3-1 : Exemple de quelques indicateurs intéressants pour améliorer la connaissance des risques.**

<b>Critères d'évaluation des portefeuilles</b>	<b>Variable associée</b>
Zones de forts cumuls d'assurés tant en nombre qu'en capitaux assurés dans l'absolu ou par rapport au marché	Localisation des concentrations de plusieurs lieux de risques dans une même zone d'aléa ou bien un lieu de risque ayant un montant financier important.
Montant des dommages potentiels par scénario	Somme des montants de dommages occasionnés par la réalisation d'un aléa donné. A un scénario correspond une période de retour
Rentabilité	Rapport entre la somme des montants des sinistres passés et des primes acquises
Segmentation suivant l'organisation de l'entreprise : type de portefeuille (MRH, MRE, etc.), type de bien assuré, sectorisation géographique de l'entreprise	Calculs des montants par type de portefeuille, par type de bien et par secteur géographique
Vue de synthèse sur l'ensemble de la France, sur l'ensemble des portefeuilles	Agrégation pour consolider une vue globale de l'exposition financière des engagements
Comparaison dans le temps et dans l'espace des indicateurs	Comptabilisation des indicateurs par année ou sur une période d'analyse pour comparer la situation dans le temps

D'une manière générale, les indicateurs présentés ci-dessus sont indéniablement liés à la composante spatiale et nécessitent la connaissance, d'une part, de la répartition des portefeuilles d'assurés sur les territoires et d'autre part, du périmètre des territoires impactés par l'aléa.

Il est évident que cette modélisation de la réalité dépend du but et du contexte. Dans le cas du risque inondation par exemple, une carte des plus hautes eaux connues est élaborée pour aider les services de l'Etat et les collectivités dans leur mission de connaissance des zones à risque mais pas dans une optique de quantification des dommages potentiels sur un portefeuille d'assurés. Les limites, en termes de détails (uniquement les territoires sous les eaux) et d'erreurs dans les estimations et les mesures, doivent donc être bien présentes à l'esprit de l'utilisateur.

Il apparaît comme un préalable majeur à toute étude de bien mettre en adéquation la donnée avec l'objectif visé. Le but étant d'élaborer le modèle le plus conforme à la réalité physique d'un événement en tenant compte du domaine de validité des données utilisées, qui ne contient pas systématiquement l'information souhaitée en lecture directe induisant, dans certains cas, des étapes supplémentaires de transformations ou de calculs afin d'en dégager le sens recherché.

Si l'objet consiste à définir la part d'un portefeuille soumis à un aléa, la simple connaissance des territoires impactés constitue une information suffisante. A contrario, la détermination des dommages requiert, quant à elle, des informations à un niveau de détail plus fin, à savoir les intensités locales de l'aléa, facteurs permettant de tisser le lien avec la notion d'endommagement.

Ensuite, il faut s'intéresser à la qualité des données en entrée, que ce soit celles permettant de définir le niveau local de submersion ou celles indiquant l'altitude du lieu de risque ou encore, celles faisant le lien entre l'intensité de l'aléa et les dommages escomptés, bien souvent obtenu par retour d'expérience (se pose alors la question de l'exhaustivité ainsi que de la fiabilité des données recueillies) ou à dire d'experts.

L'objectif in fine de l'évaluation économique des risques revient à déterminer les coûts relatifs à l'occurrence d'un aléa donné, dans un espace défini, pour un ensemble de périodes de retour suffisant, afin de parvenir à établir, de manière fiable, une courbe de probabilité de dommage telle qu'elle est présentée ci-dessous.

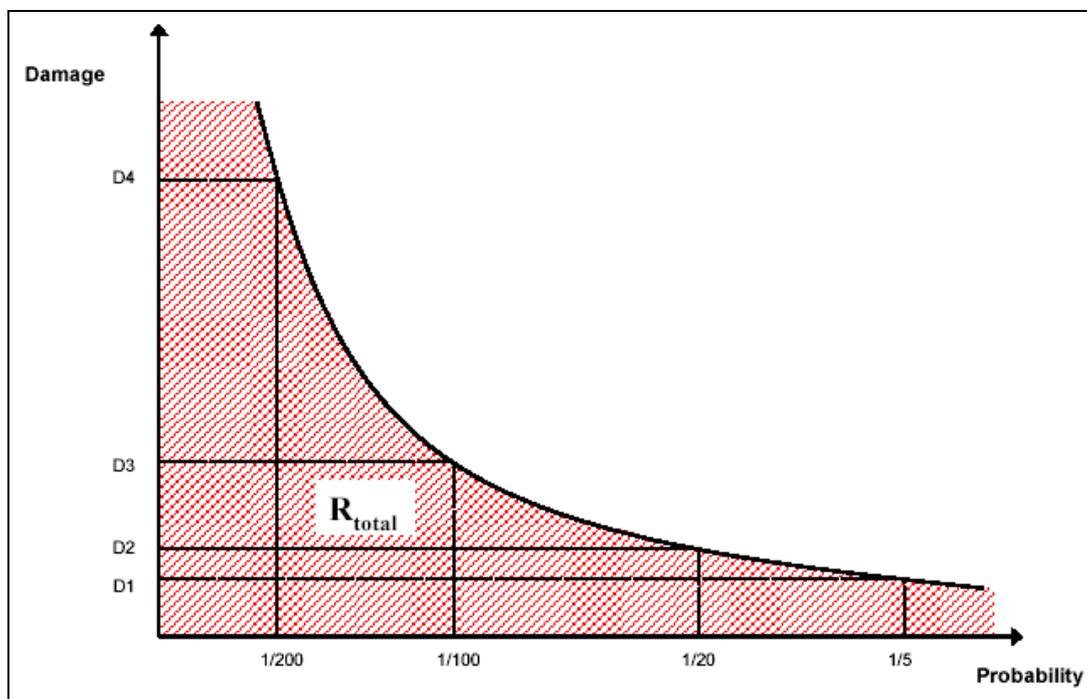


Figure 3-1: Illustration d'une courbe de probabilités de dommages (floodsite, 2009).

L'intérêt majeur réside dans la capacité à définir une probabilité de dépassement d'un coût de sinistre pour un événement d'une période de retour donnée. Dans le cadre de ces travaux, les périodes de retour les plus importantes pour un assureur sont la centennale ou la bi-centennale.

En outre, l'aire totale sous la courbe de la figure 3-1 représente l'espérance de dommage sur une année, information fondamentale pour l'initiation de toute stratégie de gestion du risque avec, en ligne de mire, le dimensionnement des couvertures de protection et la possibilité de décliner selon la tranche de risque visée des moyens ciblés de préventions.

### 3.1.1. Démarche générale

La démarche générale visant à l'appréhension du risque a été largement discutée dans la littérature. Elle entend une double modélisation, à savoir la modélisation de l'espace dans lequel le phénomène (que l'on modélise également) survient.

En repartant de la définition usuelle faite en géographie du risque, le schéma « classique » à la discipline est, dans sa version la plus épurée, le suivant :

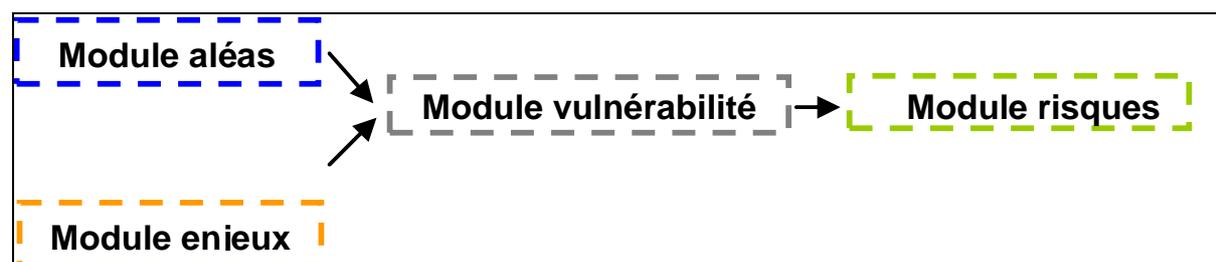


Figure 3-2 : Démarche générale pour la modélisation des risques naturels.

Son apparente simplicité n'est qu'un leurre. Chacun des modules mentionnés requiert, pour son élaboration, une compétence experte, qu'il s'agisse de la modélisation physique de phénomènes avec parfois en amont des simulations climatologiques, leurs combinaisons avec des données de nature géographique, des procédés de géocodage pour la localisation des enjeux sur les territoires, des analyses pour constituer une typologie pertinente des enjeux à étudier, identifier des paramètres pertinents pour caractériser les vulnérabilités...

Il résulte de tout ceci un panel de données provenant de natures diverses, interagissant à de multiples échelles et nécessitant d'importants efforts (outre la partie création/acquisition de la donnée) d'agrégation et de mise en correspondance de ces données. Les méthodes empruntées aux sciences géographiques font parties du panel de celles sollicitées pour le traitement de ces données.

A ce stade, le modélisateur doit s'interroger sur la faisabilité de chacun de ces modules afin d'en dégager une perspective commune permettant d'assurer la cohérence de la démarche :

- **Aléa :**
  - (Pré-)Existence des données ? Est-il possible et comment les intégrer à la démarche ?
  - Comment les modéliser ? Quels données, méthodes, paramètres, logiciels ?
  - Problèmes de droits de certaines données...
  
- **Enjeux :**
  - Quelles sont les données à disposition ?
  - Quelle typologie s'avère pertinente pour isoler des comportements différentiels face à un aléa et satisfaire aux exigences ?
  
- **Vulnérabilité :**
  - Comment relier le niveau d'intensité d'un aléa avec un enjeu (statistiques sur les sinistres passés, à dire d'experts, simulations déterministes) ?
  - Comment estimer les pertes, en dommages relatif ou absolu ?

#### 3.1.1.1. *Le recours à l'information géographique pour la gestion des risques*

Pouvant s'avérer surprenant de prime abord, le processus aboutissant à la définition de la méthode débute, quasi-systématiquement, par la collecte de l'information spatiale et du type de données traitées qui, en analyse spatiale, peut être double. A l'origine, les travaux étaient généralement fondés sur une base de données primaire nécessitant un temps d'élaboration parfois très long et la mobilisation d'importantes ressources humaines dédiées à sa complétion. Avec l'explosion de l'information géographique, de sa création ou tout simplement de sa visualisation et donc de son accès en général (Google Earth, Cartosphère...), il apparaît depuis quelques années une masse considérable d'informations géographiques de natures multiples. En ce sens, il devient donc très facile de se procurer une base de données provenant d'une source externe comme une image satellitale, une photographie aérienne, une donnée cartographique distribuée par un organisme pseudo-étatique comme l'IGN, le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ou autres. Considérées à juste titre comme exhaustives (encore faut-il parvenir à en extraire et exploiter toutes les informations), ces bases de données doivent cependant être traitées selon la qualité intrinsèque de la donnée, de sa précision bien souvent proportionnelle à leur coût d'acquisition.

En revanche, la sécurité publique et les informations qui lui sont relatives sont depuis longtemps considérées comme un droit. La création ainsi que la diffusion de ces informations

se posent, en ce sens, comme un des piliers en matière de sécurité publique en permettant d'informer les citoyens des risques latents auxquels ils sont soumis. A cet égard, ce besoin a engendré la création d'une masse considérable d'informations géographiques sur les aléas et risques naturels ou humains (AZI, mouvement de terrain, zonage sismique, zones réglementaires de PPR...). En Europe le contexte législatif tente de s'organiser autour de la directive INSPIRE qui tend à l'harmonisation, au respect et à la traçabilité des données produites et diffusées. En France, la loi prévoit l'accès libre des citoyens aux documents administratifs.

De tout ce fourmillement d'informations, résulte la création d'une chaîne de valeur de l'information géographique justifiant que la construction d'une information sur les risques nécessite la combinaison de multiples données dont la gestion peut être réalisée par une famille d'outils spécifiques.

### *3.1.1.2. La géomatique pour le traitement de l'information géographique*

Le terme de géomatique résulte du croisement entre la géographie et l'informatique. Elle regroupe l'ensemble des outils et dispositifs permettant de traiter des informations référencées dans l'espace. Différents logiciels de la famille des SIG permettent de synthétiser un panel d'applications couplées à un module de visualisation cartographique. Les SIG se définissent traditionnellement par les cinq « a » : abstraction, acquisition, archivage, analyse et affichage (Tachon, 1994).

Le SIG autorise, à partir de diverses sources, à rassembler, organiser, gérer, analyser, combiner, élaborer et présenter des informations localisées géographiquement. Cela offre ainsi de nombreuses fonctions de traitement de l'information spatiale dont, à titre d'exemples, les suivantes peuvent être citées :

- recherche de données :
  - recherche thématique,
  - recherche spatiale,
- analyse de position :
  - buffer (tampon) ,
  - overlay (superposition) ,
- analyse de terrain :
  - pentes et orientations,
  - bassins versants,
  - réseau hydrographique,
- distribution et voisinage :
  - distribution, propagation,
  - proximité,

- analyse de flux :
  - connectivité,
  - accessibilité,
- analyse et statistiques spatiales :
  - analyse uni et multi-variée,
  - identification de structure spatiale, de dispersion,
- mesure :
  - distance, direction...
  - surface, volume...
- interpolations :
  - pondérations,
  - krigeage,
  - courbes de niveau,
  - etc.

Les SIG ont connu un essor depuis les années 90 pour aboutir aujourd'hui à des utilisations opérationnelles dans des domaines très variés. Cela démontre tout l'intérêt de l'emploi de tels outils, de leurs adaptabilités ainsi que de leurs pertinences à traiter toutes les problématiques à composante spatiale.

Fonction	Applications potentielles	Exemples
Affichage des données	Aide à l'analyse de la distribution de l'infrastructure socio-économique par rapport aux risques naturels	Quels éléments du réseau se trouvent dans la zone à risque ?
	L'utilisation des cartes thématiques pour améliorer les rapports et/ou les présentations	Quelle est la population qui peut être affectée ?
Le stockage et la recherche des informations	Le lien avec d'autres bases de données pour d'autres informations spécifiques	Où se trouve le centre de secours le plus proche ?
	La maintenance et la mise à jour des données sur le territoire	Afficher toutes les parcelles qui ont eu un problème d'inondation dans le passé
La gestion du territoire	La maintenance et la mise à jour des cartes du territoire, comme les cartes de zonages et d'inondations	Lister les noms de tous les propriétaires de parcelles à l'intérieur de la zone de 30 m à proximité d'une rivière ou d'une faille
	Déterminer et appliquer la régulation de l'occupation du sol et les codes de constructions	Quelles sont les parcelles qui se trouvent dans une zone à fort risque sismique ?
La sélection des sites	L'identification des sites potentiels pour usage particulier	Où sont les parcelles qui ne sont touchées par aucun risque, ayant au moins x ha, se trouvant à une distance y de la route principale ?
L'évaluation de l'impact du risque	Identification géographique des impacts des catastrophes	Quelles sont les unités de la zone résidentielle qui vont être affectées par les inondations ?
La modélisation du développement	Analyse de l'adéquation de parcelles particulières au schéma du développement	En considérant la pente, le type du sol, le drainage, quelles sont les zones qui doivent avoir la priorité dans le développement ?

Figure 3-3 : Exemples des domaines d'application des SIG. (Source : Rhode, 2007).

Cette figure illustre quelques uns des domaines où sont implantés historiquement les SIG. L'objet étant ici de se concentrer sur le volet « évaluation de l'impact d'une catastrophe », le détail de ces approches, de leurs fondements est l'objet du chapitre suivant.

### **3.1.2. L'analyse des dommages pour le secteur de l'assurance**

La gestion des risques doit nécessairement s'appréhender de manière globale et nécessite, pour son opérationnalisation, la prise en compte de manière séparée de chaque sous-système ou module. La difficulté théorique à ces approches ne concerne pas prioritairement un module en particulier mais résulte du croisement de l'information et des approximations se cumulant à chaque étape.

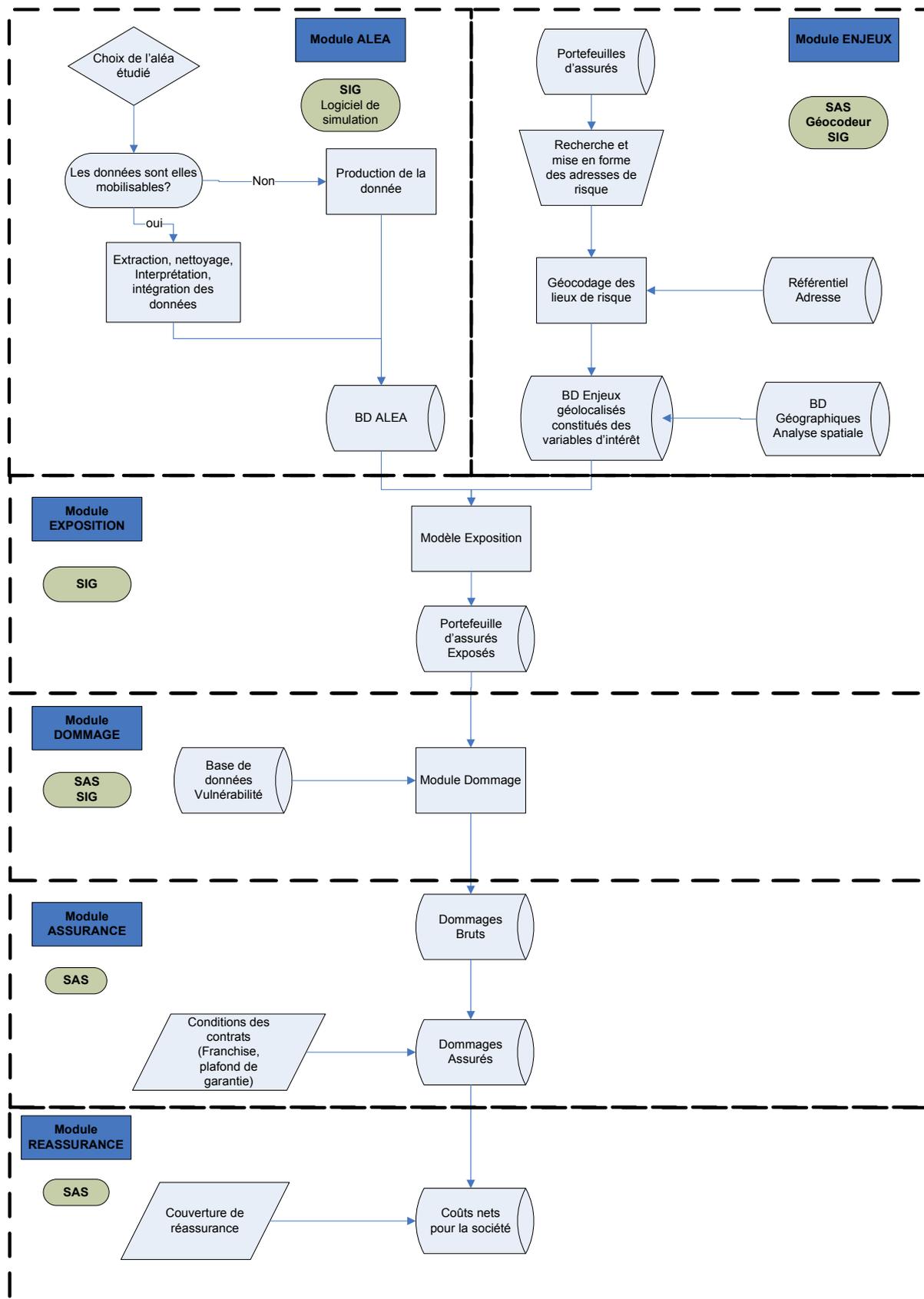


Figure 3-4 : Démarche de modélisation du risque à grande échelle.

Le premier module concerne l'aléa c'est-à-dire la matérialisation physique du phénomène qui s'aborde suivant différents niveaux de précisions. Le premier consiste à relier à chaque scénario défini a priori, un territoire impacté. Ensuite, il convient de qualifier, à l'intérieur de ce périmètre, l'intensité de l'aléa.

La seconde phase, telle qu'elle est décrite dans la figure 3-4, nécessite, d'une part, de se livrer au recensement de l'ensemble des biens en portefeuille et d'autre part à leurs localisations. Ensuite, il convient de les agréger en classe d'éléments homogènes au regard de l'aléa étudié. A ce stade, il reste à mettre en adéquation la précision de la localisation des lieux de risque avec celle de l'aléa et, plus exactement, de la spatialité de l'aléa en question afin de niveler les efforts à fournir et d'optimiser le temps des travaux.

La quantification des enjeux exposés selon leur type et / ou leur susceptibilité face à un aléa donné, permet de déterminer le cumul des capitaux exposés et donc de définir le sinistre maximum possible.

Bien entendu, chaque élément possède ses propres caractéristiques, le rendant plus ou moins susceptible face à un aléa d'une même intensité ; sa propre localisation, le rendant plus ou moins exposé à l'aléa. En conséquence, la nature de l'enjeu exposé doit toujours être rapportée à son degré d'exposition et de susceptibilité afin de procéder à une analyse efficace de la vulnérabilité.

Il apparaît ici nécessaire de recueillir deux types d'informations distinctes. La première est relative à un ensemble de caractéristiques de nature plutôt géographique, c'est-à-dire ayant trait à la localisation de l'enjeu et à l'environnement dans lequel il s'inscrit (par exemple sa présence ou non dans une zone historiquement touchée par l'aléa étudié). Cette première catégorie permet d'estimer la probabilité qu'un élément, en fonction de sa localisation sur un territoire, a d'être sinistré.

Le second ensemble se réfère aux caractéristiques de l'aléa lui-même, de son intensité à travers ses facteurs de sévérité. La connaissance de ces indicateurs autorise ainsi la discrétisation du territoire selon l'intensité de l'aléa. Cela permet de mettre en évidence les zones les plus fortement impactées, là où les sinistres les plus importants (de manière relative) sont attendus.

La combinaison de l'ensemble des deux catégories d'indicateurs d'exposition permet de mettre en évidence les enjeux susceptibles d'être impactés le plus fortement. En conséquence, il s'avère indispensable de travailler avec des échelles d'analyses comparables afin de s'assurer de la cohérence et du niveau de précision résultant du croisement de ces deux informations.

Le dernier point évoqué dans la figure consiste à faire le lien entre l'enjeu exposé et le niveau de l'aléa que celui-ci subit afin d'en déduire le montant du sinistre escompté. La valorisation du risque encouru se fonde sur le degré local de l'intensité de l'aléa et de la susceptibilité de l'enjeu face à cette intensité. La majorité des études portant sur cette thématique se limitent à la valorisation des dommages directs causés par les inondations. Comme il en a été fait état dans le deuxième chapitre, la communauté scientifique s'accorde à dire que cette étape d'évaluation financière constitue la plus délicate à traiter de par son caractère empirique (Jonkman et al, 2007 ; FHRC, 2005 ; Dutta et al, 2003).

Eu égard au positionnement de la présente étude, l'accès aux bases de données sinistres offre la possibilité de fonder une approche par l'analyse des données sur la sinistralité historique générée par tel ou tel aléa. La reconstitution d'événements passés semble être une voie pertinente pour l'élaboration de courbes de dommages.

A des fins pratiques, il convient donc d'identifier et de déterminer les différents indicateurs à la fois d'exposition et de susceptibilité. L'analyse de la vulnérabilité nécessite, quant à elle, de dégager et de caractériser les différents liens et niveaux de relations entre les indicateurs et les dommages. Cela requiert de lier, de manière fonctionnelle, les indicateurs d'exposition et de susceptibilité aux dommages escomptés, au regard de tous les enjeux exposés et selon le niveau d'intensité de l'aléa.

L'emploi de ces courbes permet de répondre en théorie aux besoins de maîtrise, par les assurances, du degré d'exposition de leurs portefeuilles d'assurés et de la valorisation des pertes assurées en cas de survenance d'un aléa « extrême ». Ces informations constituent un savoir indispensable afin de développer une stratégie de gestion du risque adaptée selon la fréquence de l'événement considéré.

Après avoir passé en revue les grandes lignes directrices du schéma à suivre pour l'étude de l'évaluation des dommages, différentes études sont présentées afin d'éclairer sur la mise en œuvre opérationnelle de chacune des étapes charnières pour arriver à cette fin.

### **3.2. LA MODELISATION DE L'EXPOSITION D'UN PORTEFEUILLE.**

Cette partie vise à expliciter les traitements mis en jeu pour l'analyse de l'exposition du portefeuille MRH (Multi Risques Habitation) face aux inondations (crues éclair et de plaine) sur le territoire de la France métropolitaine. L'objectif recherché consiste à fournir une vision quantitative de l'exposition au risque d'inondation par débordement de cours d'eau (crue éclair et de plaine).

L'information sur la géolocalisation des sinistres ne peut pas être obtenue directement à partir de l'information adresse figurant dans les contrats souscrits par AXA. Il convient donc de transformer une adresse postale en coordonnées géographiques. L'emploi de ce type d'information demeure naissant au sein de la société AXA. Dans le cadre de ces travaux, une campagne de géocodage à été menée et les résultats sont présentés dans cette section.

### 3.2.1. Le positionnement du portefeuille sur le territoire.

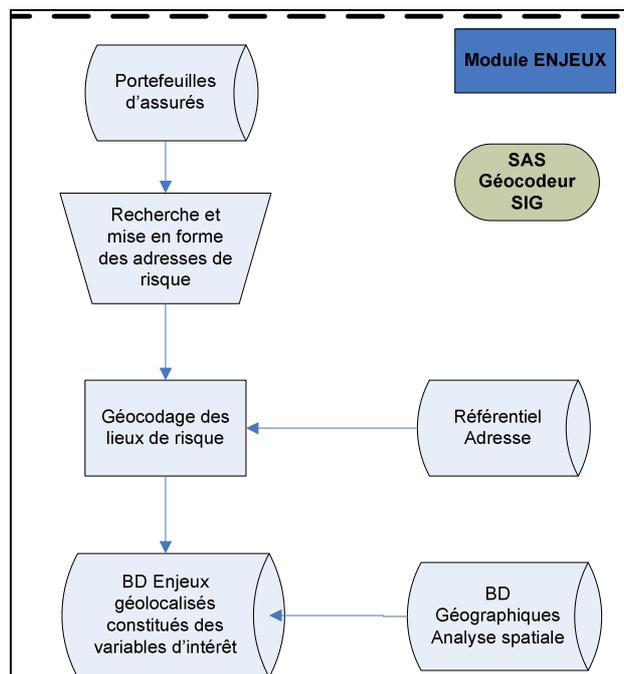


Figure 3-5 : Zoom sur le module "enjeux".

Eu égard à la spatialité de l'aléa inondation, le positionnement du portefeuille sur le territoire doit se faire à grande échelle. Dans cette optique, il apparaît nécessaire de disposer des coordonnées géographiques des lieux de risques pour l'ensemble du portefeuille étudié. Cela revient à exploiter l'ensemble des informations contenues dans les champs adresses des bases de données relatives à ces contrats.

De multiples logiciels permettent de réaliser cette opération. Cependant, l'information à fournir au logiciel de géocodage doit être homogène et de bonne qualité, puisqu'une géolocalisation fine ne sera obtenue que si les informations fournies en amont au logiciel sont complètes.

Différents niveaux de précisions peuvent être obtenus selon les informations à disposition dans les contrats : les coordonnées géographiques fournies par le logiciel peuvent correspondre au centre de la commune, au milieu du segment de rue ou aux boîtes postales (rue et numéro).

- Géocodage à la commune :

Pour un géocodage à la commune, le point géocodé est associé aux coordonnées du centroïde de la commune à laquelle il appartient. Avec une telle méthode, toutes les adresses d'une même commune sont géocodées en un même point. En moyenne les erreurs sont de l'ordre de 4 km (tableau 3-3).

Ce type de géocodage peut être utilisé pour des études à petite et moyenne échelle. Il a l'avantage d'être relativement simple et rapide à mettre en œuvre.

o Géocodage au numéro de rue :

Le géocodage au numéro de rue est considéré comme au maximum de précision, même si celui-ci correspond en réalité à un géocodage à la boîte postale. En clair, il existe un décalage entre la réalité de la localisation du bien et la boîte postale à laquelle il est associé. Ainsi les erreurs moyennes relatives à ce niveau de géocodage sont annoncées à 130 m (Munich Re). Ce type de géocodage fait appel à un fichier de référence contenant pour chaque commune la liste (plus ou moins exhaustive) associée des noms de chaque tronçon de voirie, du type de voie et des numéros aux intersections des tronçons de route. Vu que la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) interdit la réalisation du géocodage des clients assurés aux adresses précises pour des raisons de confidentialité et de protection de la vie privée, la connaissance des numéros de rue est limitée aux seules intersections. En conséquence, la grande majorité des logiciels ont recours à une interpolation linéaire entre deux intersections (donc deux numéros connus) pour fournir un niveau de géolocalisation au numéro de rue.

La géolocalisation de chaque contrat du portefeuille d'AXA France IARD a été réalisée dans le courant de l'été 2010 et a porté sur l'ensemble du portefeuille des risques non-vie IARD, toutes branches dommages aux biens confondues à l'exception de la partie Automobile (entreprise et particulier). Le moteur de géocodage utilisé est celui de la société Experian. En moyenne les résultats du géocodage ont permis de localiser près de la moitié du portefeuille MRH au niveau de l'adresse.

**Tableau 3-2 : Etat du géocodage du portefeuille DAB NA (Dommage Aux Biens Non Automobile) d'AXA France Solutions.**

Portefeuille	Nombre de contrats	Géocodage N°et voie		Géocodage Voie		Géocodage Ilot		Géocodage Commune		Absence identifiant communal		Erreur	
		Nb Cts	%	Nb Cts	%	Nb Cts	%	Nb Cts	%	Nb Cts	%	Nb Cts	%
IMMEUBLE	334 883	177 905	53,1%	77 365	23,1%	26 817	8,0%	49 579	14,8%	1 667	0,5%	1 550	0,5%
COL COLMSC	17 658	4 270	24,2%	2 523	14,3%	1 007	5,7%	8 701	49,3%	1 105	0,4%	52	0,3%
MRH (hors dom)	4 338 902	1 871 886	43,1%	1 318 604	30,4%	334 641	7,7%	734 218	16,9%	50 643	1,2%	28 910	0,7%
AGR	85 122	2 295	2,7%	40 707	47,8%	638	0,7%	37 217	43,7%	3 717	4,4%	548	0,6%
RI (MRPRI, MRE, MIE, AMI)	38 094	8 534	22,4%	5 020	13,2%	1 927	5,1%	7 356	19,3%	15 088	39,6%	169	0,4%
MRP	332 295	151 129	45,5%	87 991	26,5%	33 956	10,2%	56 045	16,9%	525	0,2%	2 649	0,8%
<b>total</b>	<b>5 146 954</b>	<b>2 216 019</b>	<b>43,1%</b>	<b>1 532 210</b>	<b>29,8%</b>	<b>398 986</b>	<b>7,8%</b>	<b>893 116</b>	<b>17,4%</b>	<b>72 745</b>	<b>1,4%</b>	<b>33 878</b>	<b>0,7%</b>

De ce tableau, il apparaît à ce niveau une forte hétérogénéité des informations concernant le niveau de géocodage du portefeuille IARD au sein des différents portefeuilles. Finalement, le tableau 3-2 montre que environ 43 % de ces contrats sont géocodés à l'adresse.

**Tableau 3-3 : Incertitudes planimétriques inhérentes aux différents niveaux de géocodage (Statistiques Munich Re).**

Niveau de géocodage	MOYENNE (m)	Ecart-type (m)	Médiane (m)
rue	366	414	274
rue et numéro	132	102	125
Commune	3978	3024	3169

Ce tableau représente clairement l'influence de la précision du géocodage sur les erreurs planimétriques. A noter ici que le meilleur niveau de géocodage permet d'obtenir une précision moyenne de l'ordre de 130 m.

Il ressort des tableaux précédents que seul un niveau de géocodage à l'adresse peut s'avérer suffisamment précis pour générer une couche d'informations géospatiale cohérente lorsque les travaux portent sur l'étude d'aléa très spatialisé. Ceci montre clairement toute la difficulté inhérente à la connaissance précise des enjeux présents sur un territoire et démontre que, dans ce contexte, près de 50% des informations contenues dans le portefeuille DAB NA ne sont pas directement exploitables pour des aléas très spatialisés tels que l'inondation.

Devant la manne apportée par les bases de données propres aux assureurs, il convient cependant d'apporter quelques éclairages quant à la qualité et la représentativité de telles données. Il est admis, et le retour d'expérience est là pour le démontrer, que les premiers bilans des estimations ont tendance à les surestimer. Ce constat s'explique par le contexte de pression sociale forte afin de débloquer au plus vite les aides et à calibrer le montant de l'enveloppe. En conséquence, la prudence et la pression sociale incite à chiffrer au plus large. Par exemple, (Vinet, 2007) a montré que, lors des crues de 1999 dans l'Aude et de 2002 dans le Gard, le montant de l'enveloppe annoncée est rarement utilisée en totalité.

Si les sinistrés sont, en général, satisfaits de leur indemnisation, une part des dommages n'est pas prise en compte par la garantie CatNat des contrats dommages. Il faut mentionner ici le rôle de rétention joué par la franchise de 380 euros ainsi que la vétusté des biens induisant une indemnisation moindre que la valeur ou le prix à neuf des biens matériels. Une étude du MEEDDAT en 2006 montre que seulement la moitié des personnes indemnisées estime que les indemnités perçues ont couvert l'ensemble des dommages subis lors de l'inondation de Charleville-Mézières courant 2001.

### **3.2.2. Echecs, erreurs et imprécisions de géocodage**

Outre la part d'imprécision liée directement au référentiel lui-même et générée, comme mentionné plus haut, par la méthode d'interpolation linéaire entre deux segments de rue, diverses sources d'erreurs ou d'approximations peuvent survenir.

Par exemple, il faut rappeler que la saisie des adresses dans le système d'informations d'AXA France est manuelle et que la vérification de la validité des adresses enregistrées est restreinte aux agglomérations de plus de 10 000 habitants. La base de données adresse n'est donc pas

exempte d'erreurs de saisie, ce qui peut contribuer à des rejets d'adresses, lors de l'étape de géocodage des lieux de risque, induits par des erreurs de frappe ou autres.

Les limites du géocodage proviennent également de la couverture du référentiel utilisé par le géocodeur qui n'est pas systématiquement exhaustive et dont certaines zones (notamment les petites communes) ne sont pas totalement référencées.

Il existe donc de multiples sources inhérentes à la qualité des données métiers et du référentiel utilisé. L'obtention d'un géocodage parfait, c'est à dire 100 % de géocodage à l'adresse, est illusoire notamment lorsque l'on travaille sur des portefeuilles d'assurés de plusieurs millions de contrats.

A qualité d'informations égale, le taux d'échec sera d'autant plus important que la précision demandée sera importante (toutes les adresses géocodées au numéro de rue) avec un risque d'erreur minimal (type voie, nom voie strictement identiques dans l'adresse à géocoder et le fichier de référence).

### 3.2.3. Les bases de données

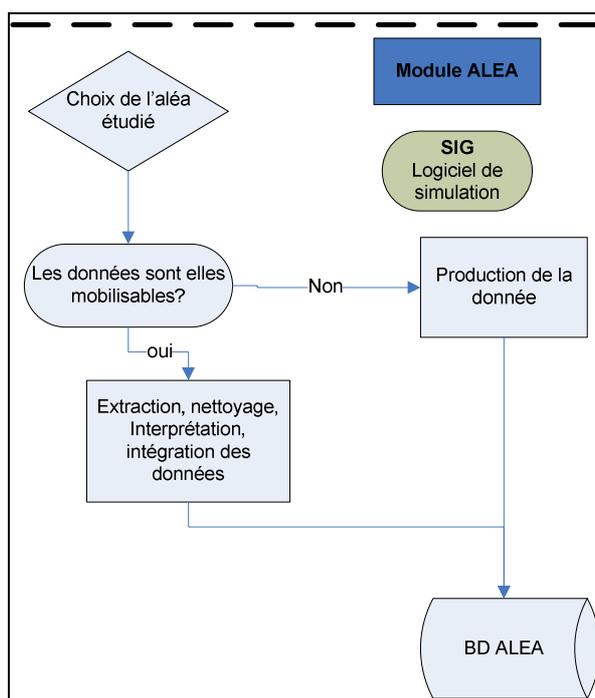


Figure 3-6 : Zoom sur le module Aléa.

L'ensemble des territoires concernés par un aléa inondation est extrait des données officielles fournies par l'Etat par l'intermédiaire de ses services déconcentrés : les DIREN qui mettent à disposition sur le site internet Cartorisques, une base de données vectorielle contenant les Atlas de Zones Inondables (AZI) par département (tous départements sauf 04).

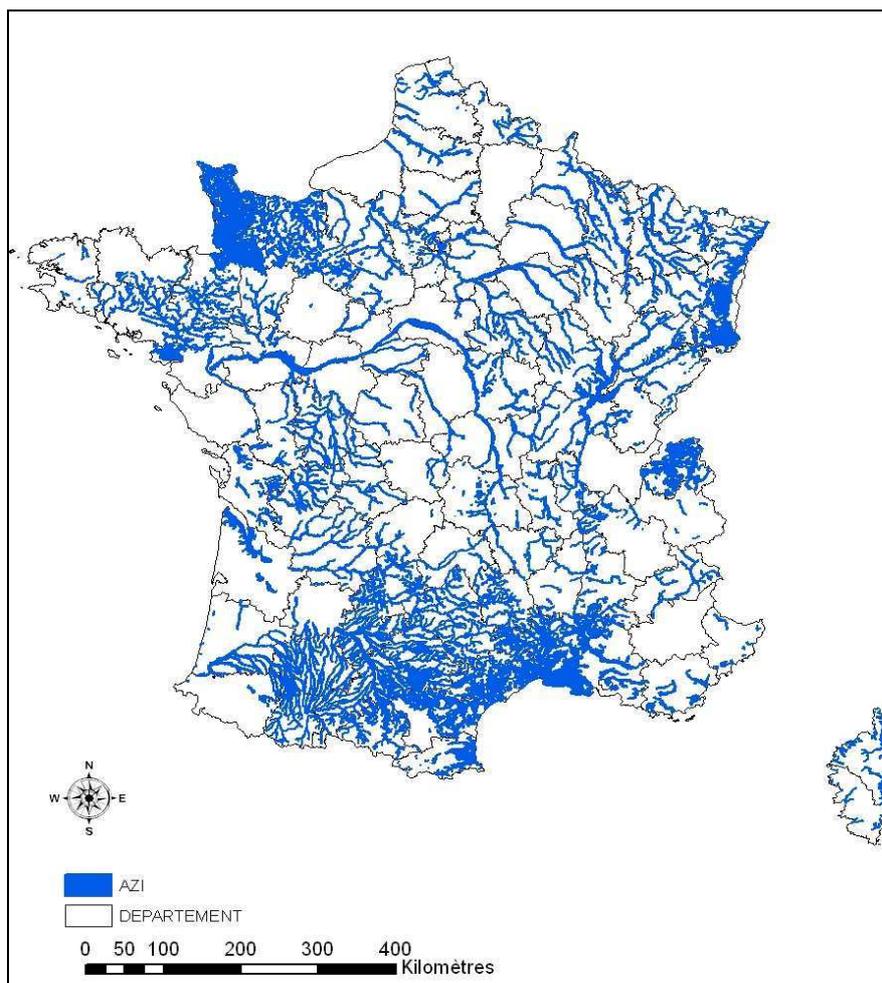


Figure 3-7 : L'atlas des zones inondables sur le territoire France métropolitaine (source : MEDTL).

### 3.2.4. Méthodologie

La réalisation de ces travaux nécessite de formuler les hypothèses suivantes :

- Les zones sujettes au risque inondation par débordement de cours d'eau sont uniquement définies par les laisses de crue extraites des AZI et correspondent, de facto, aux crues fluviale et éclair,
- Le degré d'exposition du portefeuille est décliné selon la typologie de l'habitation. Deux catégories sont considérées :
  - Le portefeuille MRH pour les habitations de type appartement (variable CDHABIT code A) : il est considéré qu'un appartement, en zone inondable, à 1 probabilité de 1/6 d'être impacté<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Le retour d'expérience de la sinistralité du portefeuille MRH lors de la crue du Rhône en 2003 a montré qu'un appartement sur six dans les zones inondées a été impacté.

- Le portefeuille MRH hors appartement : il est considéré que les contrats de cette seconde catégorie, localisés en zone inondable, sont tous considérés comme impactés.

La méthodologie consiste à croiser les informations aléa et enjeux ainsi réparties. Pour chaque lieu de risque situé en zone inondable, son type est comptabilisé (appartement en rez-de-chaussée ou non) ainsi que les capitaux assurés associés. Les résultats ont été réalisés à différentes échelles :

- France entière,
- Zones administratives AXA,
- Région France,
- Département,
- Commune.

### 3.2.5. Evaluation de l'exposition du portefeuille

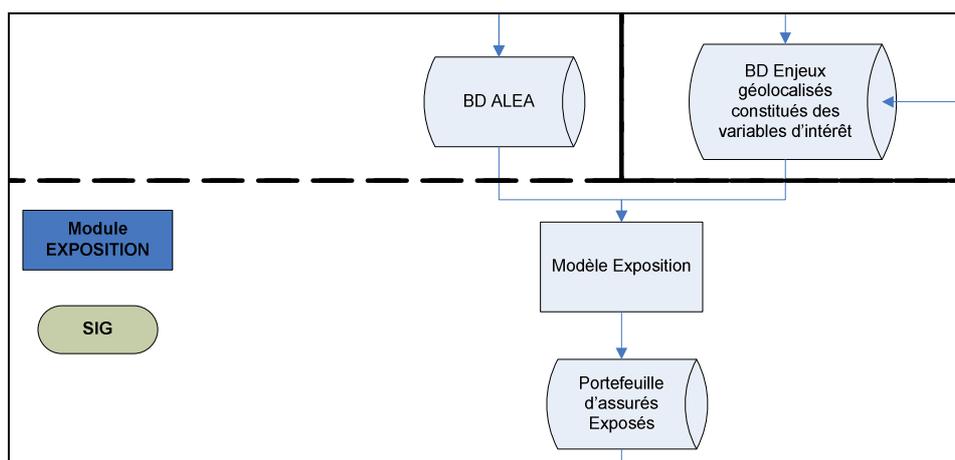


Figure 3-8 : Zoom sur le module exposition.

L'ensemble des résultats détaillés ne sont pas donnés. L'objet ne réside pas dans le résultat en lui-même mais dans l'application de la démarche méthodologique y menant.

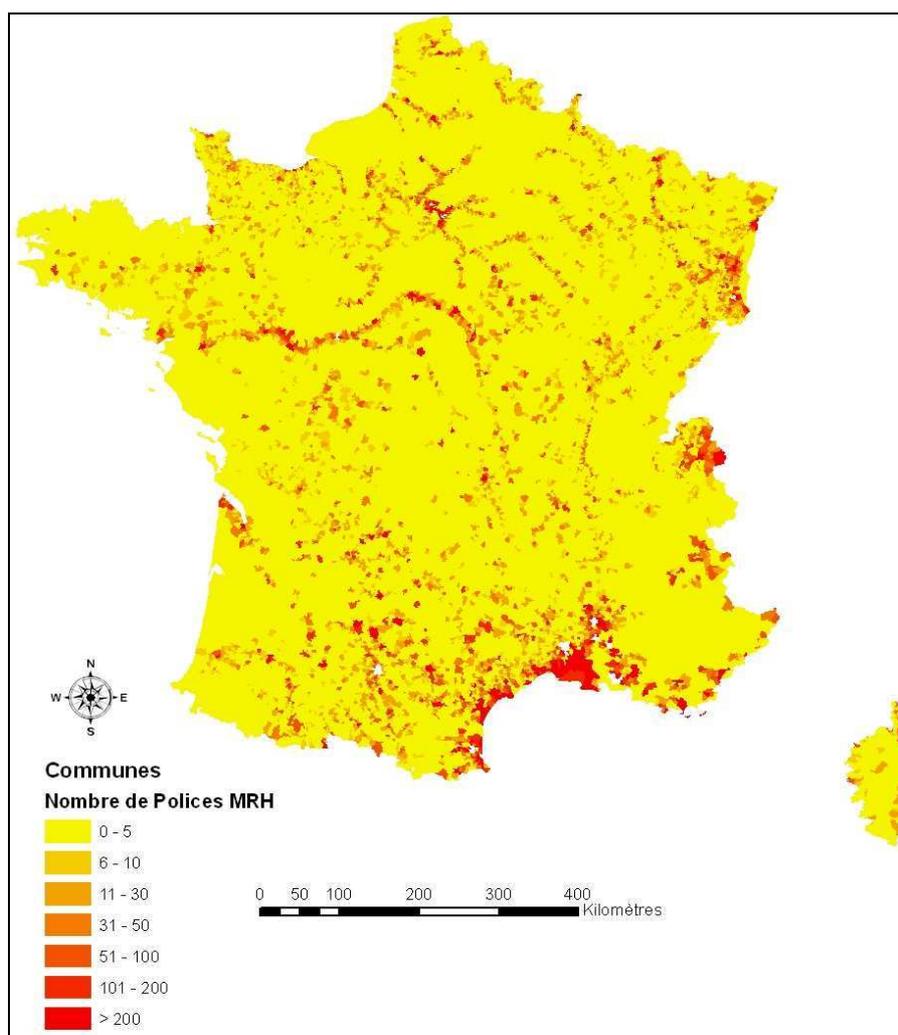


Figure 3-9 : Nombre de contrats MRH exposés aux inondations (en millier).

Il apparaît qu'environ 230 000 polices MRH (soit 5,6% du portefeuille) sont exposées à l'aléa inondation (crue de plaine et éclair) ce qui représente un engagement proche de 30 Mrd d'€ (soit 6,7% de l'engagement total du portefeuille MRH).

Une première analyse des données montre que la couverture des AZI s'avère plus complète pour les communes les plus peuplées (ie, le nombre de contrats MRH) et que les communes les moins densément peuplées sont celles le moins souvent référencées dans la base de données du géocodeur tout en étant exemptes des contrôles existant à la saisie de l'adresse dans le système d'information d'AXA France.

Finalement, il apparaît que les communes les moins peuplées souffrent d'un double défaut d'informations, l'un provenant de l'absence de contrôle interne à la société AXA et l'autre de la non-exhaustivité des bases de données du géocodeur. En conséquence, les contrats assurés sur ces communes ont dans l'ensemble un niveau de précision de géolocalisation plus réduit

### 3.2.6. Surveillance de portefeuille : évaluation du positionnement du portefeuille sur le marché

Afin d'apporter les premiers éléments pour l'analyse du positionnement du portefeuille MRH d'AXA France (vision fin février 2009 soit 4 098 540 contrats et 452 037 M d'€ d'engagements) face au risque d'inondation, une analyse de l'exposition à l'aléa inondation est menée en prenant comme référence les données AZI. A ce stade, la géolocalisation du portefeuille est réalisée à l'échelle communale pour des raisons essentiellement liées à un manque de ressources informatiques.

Dans cette optique, la base de données vectorielles communales géoréférencées GEOFLA fournie par l'IGN ainsi que la base de données vectorielles sur l'occupation des sols Corine Land Cover (CLC) produite par le Joint Research Center, et fournie par l'IFEN (Institut Français de l'Environnement), sont utilisées pour réaliser cette analyse.

La démarche mise en place est synthétisée dans la figure ci-dessous :

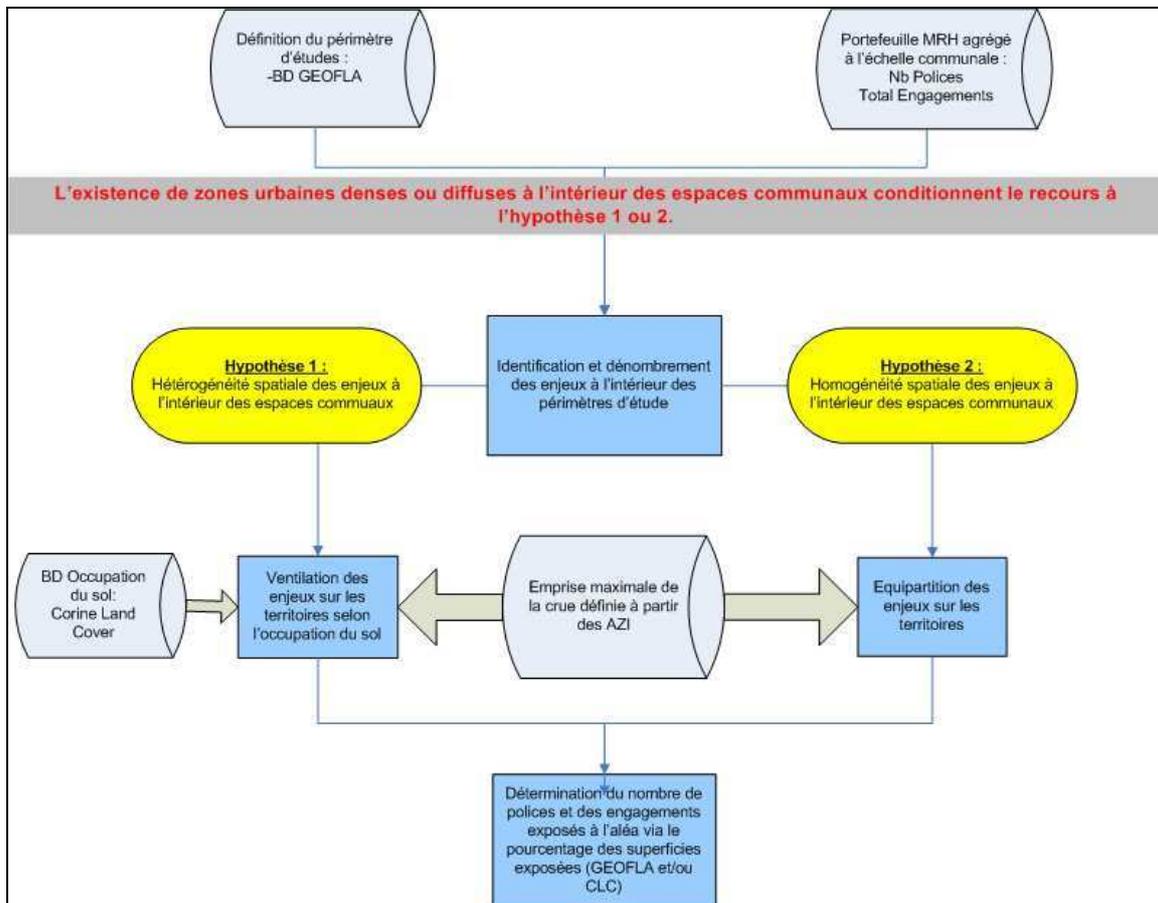
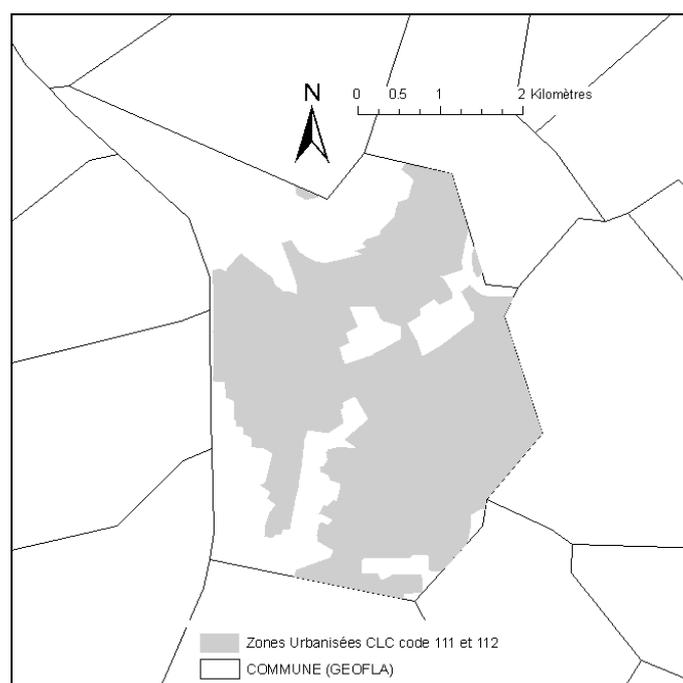


Figure 3-10 : Démarche d'estimation de l'exposition du portefeuille MRH au risque inondation.

Le périmètre des travaux s'étend à la France métropolitaine et la maille de travail est fixée aux territoires communaux. Quant aux hypothèses de travail, celles-ci sont complétées par les suivantes :

- L'ensemble du portefeuille MRH est ventilé de manière homogène à l'intérieur des espaces communaux sur les zones d'occupation du sol de type urbain dense et urbain diffus (codes respectifs : 111 et 112) telles qu'elles sont définies par la base de données CLC,
- Lorsqu'une commune est dépourvue d'une occupation du sol de type urbain (cas des communes les moins densément peuplées), les contrats MRH sont répartis uniformément et en totalité sur la globalité de l'espace communal.



**Figure 3-11 : Illustration du passage de l'échelle communale à l'échelle sub-communale via le recours à l'information occupation du sol extraite de la BD CLC. Les zones grises correspondent aux espaces communaux contenant la totalité des contrats MRH.**

Les premiers éléments de comparaison pour l'analyse de la concentration des risques en zone inondable sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3-4 : Quelques éléments de comparaison pour l'analyse de la concentration des risques en zone inondable.**

Périmètre	Superficie (Km <sup>2</sup> )
AZI	25 661
Surface Urbanisée	21 494
Surface urbanisée exposée	1 463
France Métropolitaine	549 360

Si l'on considère que la totalité des contrats MRH est répartie sur les zones urbanisées alors le taux d'exposition attendu s'élève à 6.8% (rapport entre les surfaces urbanisées aux surfaces

urbanisées exposées) soit 306 260 contrats pour un cumul d'engagements de 30 362 M d'€ (tableau 3-5). Ces chiffres tiennent compte de l'application d'un facteur de 1/6 pour l'exposition des habitations de type appartement.

**Tableau 3-5 : Comparaison de l'exposition au risque inondation attendue et observée.**

	Total portefeuille MRH	Dont Appartements	Exposition Attendue	Exposition Observée
<b>Nombre de polices</b>	4 098 540	1 695 340	306 260	<b>228 501</b>
<b>Total Engagements (M€)</b>	452 037	38 867	31 212	<b>30 362</b>

Nonobstant ces résultats, il convient de rappeler que les variations de densité de population et donc de logements entre les différents espaces urbanisés ne sont pas pris en compte.

De ces premiers éléments, il ressort les informations suivantes :

- En termes de volume, il apparaît une sous exposition des contrats MRH à l'aléa inondation,
- Concernant le cumul des engagements, il apparaît une surconcentration des engagements sur les territoires sujets au risque inondation puisque que le montant moyen des engagements MRH sur le territoire national est de 110 K€ alors qu'il s'élève à 130 K€ sur les territoires exposés à l'aléa inondation (soit 15%).

En conclusion, le recours à l'information géographique et à ses technologies associées permet d'apporter des informations nouvelles sur l'exposition d'un portefeuille d'assurés face à un risque fortement spatialisé comme l'inondation.

### **3.2.7. Risque de souscription : étude du positionnement des affaires nouvelles en MRH**

Eu égard à la dérive de la sinistralité climatique et du poids important sur le résultat technique de la branche, une étude sur le périmètre des Affaires Nouvelles (AN) du portefeuille MRH souscrites à partir du 1 janvier 2007 a été conduite. La volonté dans laquelle s'inscrit cette réflexion vise à parer à toute dérive éventuelle de la souscription dans les zones définies comme à risque inondation en fournissant des éléments pertinents pour se fonder un avis éclairé sur le sujet. Cette étude se focalise sur les contrats d'assurance à fin février 2010 et le périmètre est restreint aux affaires nouvelles (nouveaux contrats souscrits après le 31/12/2006).

La variable zone inondable est élaborée à partir de l'atlas des zones inondables déjà utilisé précédemment et illustré dans la figure 3-7.

### 3.2.7.1. Cartographie du portefeuille

Eu égard au caractère fortement spatialisé de l'aléa inondation et des zones inondables, cette étude porte sur la part du portefeuille géocodée au maximum de précision (numéro + rue) soit 591 326 contrats.

**Tableau 3-6 : Etat du géocodage des affaires nouvelles (contrats souscrits après le 31/12/2006).**

Précision géocodage	Nb Contrats	%
N° + rue	591 326	44,4%
Rue	398 315	29,9%
Quartier	117 808	8,8%
Centre Commune	192 193	14,4%
Insee Non Renseignée	23 625	1,8%
Pb Insee	9 642	0,7%
Total	1 332 909	100%

**Tableau 3-7 : Part du portefeuille AN en zone inondable.**

Critère	Nb Contrats	%
Hors Zone Inondable	535 380	90,5%
Zone Inondable	55 946	9,5%
Total	591 326	100%

Le tableau 3-7 montre que 9.5% des affaires nouvelles sont souscrites en zone inondable. Il convient de connaître la part représentée par les éléments les plus vulnérables du portefeuille MRH.

**Tableau 3-8 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon le type d'habitation.**

Type d'habitation	Nb Contrats Total	% part du portefeuille	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
Appartement (hors rez de chaussée)	364 802	61,7%	36 785	10,1%
Maison	159 167	26,9%	12 640	7,9%
Appartement en rez de chaussée)	66 658	11,3%	6 461	9,7%
Autres	699	0,1%	60	8,6%
Total	591 326	100%	55 946	9,5%

En considérant les éléments les plus vulnérables de ce portefeuille à l'aléa inondation comme le montre le tableau 3-8 (maisons et appartements en rez-de-chaussée), il apparaît une exposition globale de 8,5% (19 101 polices exposées sur un portefeuille en dénombrant 225

825). La surexposition par rapport au reste du portefeuille des appartements hors rez-de-chaussée peut cependant attirer l'attention sur la problématique des caves.

**Tableau 3-9 : AN type « Maison » en zone inondable selon l'année de souscription et la variable CDRESID distinguant les résidences principales des secondaires.**

Type d'habitation	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
Maison Résidence Principale	129 344	10 285	8,0%
Maison Résidence secondaire	7 668	495	6,5%
Maison CDRESID non renseigné	22 155	1 860	8,4%
Total	159 167	12 640	7,4%

Comme le montre le tableau 3-9, les résidences secondaires sont moins exposées que les résidences principales. Cette information peut s'avérer importante dans le cas d'alerte aux inondations : la majorité des assurés se trouvant sur place, il s'avère possible de déployer des mesures de mitigation à l'échelle du particulier. Ceci dans l'optique plus générale du développement de la partie prévention.

### 3.2.7.2. Evolution de la souscription en zone inondable

**Tableau 3-10 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription.**

Année d'affaire nouvelle	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
2007	132 113	12 306	9,3%
2008	194 096	18 142	9,3%
2009	216 976	20 831	9,6%
2010	48 141	4 667	9,7%
Total	591 326	591 326	100,0%

Ce tableau apporte une information intéressante. Il ressort une augmentation croissante au fil des ans de la souscription en zone inondable. Bien que légère, cette tendance pourrait, si elle se confirme dans le temps, porter atteinte à l'équilibre du portefeuille. Il s'agit dans ce cadre de mettre en place un suivi afin de s'assurer que certains concurrents ne mettent pas en place une politique de souscription averse au risque inondation.

**Tableau 3-11 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et le type d'habitation.**

Type d'habitation	Année d'affaire nouvelle	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
Appartement (hors rez de chaussée)	2007	79 978	7 967	10,0%
	2008	119 724	11 911	9,9%
	2009	136 827	13 963	10,2%
	2010	28 273	2 944	10,4%
Maison	2007	37 539	2 899	7,7%
	2008	53 264	4 203	7,9%
	2009	53 801	4 325	8,0%
	2010	14 563	1 213	8,3%
Appartement en rez de chaussée)	2007	14 405	1 423	9,9%
	2008	20 890	2 009	9,6%
	2009	26 108	2 524	9,7%
	2010	5 255	505	9,6%
Autres	2007	191	17	8,9%
	2008	218	19	8,7%
	2009	240	19	7,9%
	2010	50	5	10,0%
Total	--	591 326	55 946	9,5%

Afin de préciser le segment à surveiller, le tableau 3-11 fait état de l'évolution de la souscription selon le type d'habitation. Il apparaît que l'augmentation de l'exposition concerne principalement le portefeuille Maison et Appartement en rez-de-chaussée.

**Tableau 3-12 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable CDRESID. Zoom sur le périmètre « Maison » (cdhabit='M').**

Type d'habitation	Année d'affaire nouvelle	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
Maison Résidence Principale	2007	30 351	2 280	7,5%
	2008	44 081	3 504	7,9%
	2009	43 266	3 529	8,2%
	2010	11 646	972	8,3%
Maison Résidence secondaire	2007	2 046	150	7,3%
	2008	2 372	157	6,6%
	2009	2 590	154	5,9%
	2010	660	34	5,2%
Maison CDRESID Non Renseigné	2007	5 141	469	9,1%
	2008	6 812	542	8,0%
	2009	7 945	642	8,1%
	2010	2 257	207	9,2%
Total	--	159 167	12 640	7,9%

Il apparaît une augmentation de la souscription de résidence principale de type Maison en zone inondable ainsi qu'une tendance inverse concernant le segment des résidences secondaires.

**Tableau 3-13 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable propriétaire. Zoom sur le périmètre « Maison » (cdhabit='M').**

Type d'habitation	Année d'affaire nouvelle	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone	% Contrats en Zone
Maison Locataire	2007	8 806	679	7,7%
	2008	13 671	982	7,2%
	2009	15 219	1 147	7,5%
	2010	3 414	273	8,0%
Maison propriétaire	2007	28 733	2 220	7,7%
	2008	39 593	3 221	8,1%
	2009	38 582	3 178	8,2%
	2010	11 149	940	8,4%
Total	--	159 167	12 640	7,9%

Ce tableau vise à différencier la souscription entre les propriétaires et les locataires de maisons. Il ressort une augmentation de la souscription des propriétaires de maisons en zone inondable. Les informations obtenues sur le segment des locataires ne permettent pas de définir une tendance de manière fiable.

**Tableau 3-14 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable propriétaire. Zoom sur le périmètre « Appartement » (cdhabit='A').**

Type d'habitation	Année d'affaire nouvelle	Nb Contrats	Nb Contrats en Zone Inondable	% Contrats en Zone Inondable
Appart RDC Locataire	2007	9481	1036	9,9%
	2008	14 623	1 590	9,8%
	2009	19 262	2 074	9,7%
	2010	3 647	397	9,8%
Appart RDC propriétaire	2007	3 501	387	10,3%
	2008	4 258	419	8,7%
	2009	4 322	450	9,5%
	2010	1 103	108	9,8%
Total	--	60 197	6 461	9,7%

Le tableau 3-14 ne fait pas ressortir de différentiel manifeste au niveau de l'exposition à l'aléa inondation pour la segmentation locataire / propriétaire des appartements en Rez-De-Chaussée (RDC).

#### *3.2.7.3. Enseignements*

Il apparaît une tendance croissante, au fil des ans, à la souscription en zone inondable notamment pour le segment Maison en Résidence Principale.

L'augmentation de l'exposition concerne principalement le portefeuille Maison :

- Il apparaît une augmentation de la souscription des propriétaires de maison en zone inondable,
- Il apparaît une augmentation de la souscription des résidences principales en zone inondable tandis que la souscription de résidences secondaires exposées semble diminuer.

Les résidences secondaires apparaissent comme historiquement plus exposées, cependant on détecte une tendance à l'augmentation de l'exposition des résidences principales qui tend à combler ce différentiel.

#### *3.2.7.4. Impact potentiel*

La mise en place d'une surveillance spécifique du risque inondation pourrait entraîner une politique de souscription visant à limiter une surexposition des affaires nouvelles à ce type de risque. Avant toute chose, il convient de montrer que l'impact sur le réseau d'AXA France serait très disparate et entraînerait des inégalités fortes. Cette dimension doit être portée à la connaissance des décideurs.

La société AXA France s'appuie sur un réseau d'agents implanté sur l'ensemble du territoire national. A chaque agent correspond une zone de prospect par nature circonscrite sur le territoire à proximité du lieu d'implantation de l'agence. La simple relation entre la forte spatialité d'un aléa comme l'inondation et cette dépendance territoriale de l'agent, induit des inégalités au sein des portefeuilles d'agents en termes d'exposition aux inondations. Le tableau ci-dessous illustre ce propos en montrant les taux d'exposition du portefeuille MRH des 25 agents AXA ayant la part la plus élevée de ce portefeuille en zone inondable telle qu'elle sont définies par le MEDTL.

**Tableau 3-15 : Exemple de l'exposition du portefeuille MRH des 25 agents AXA les plus exposés à l'aléa inondation.**

NMPORT	Cts Hors zone inondable	Cts en zone inondable	Totale (Tout Contrats MRH)	Part des Contrats "Maison"	Pars des Contrats "Appartement en Rez-de-chaussée"
0201185184	36	209	85,3%	52,2%	83,3%
0068019044	44	245	84,8%	71,1%	93,3%
0013101400	15	81	84,4%	66,7%	80,0%
0068014144	35	183	83,9%	68,0%	80,6%
0068032144	30	150	83,3%	72,1%	90,6%
0068030144	63	307	83,0%	51,4%	82,3%
0053037100	19	92	82,9%	70,0%	90,0%
0030002344	14	67	82,7%	90,0%	66,7%
0068041044	136	539	79,9%	82,5%	75,0%
0006821202	29	112	79,4%	75,0%	81,5%
0030058044	14	50	78,1%	81,8%	66,7%
0201197884	17	55	76,4%	65,9%	0,0%
0068007344	43	132	75,4%	72,4%	71,4%
0330780187	44	135	75,4%	55,3%	80,0%
0030045044	56	169	75,1%	59,0%	78,6%
0030043044	98	295	75,1%	54,1%	81,4%
0030039144	36	103	74,1%	62,3%	100,0%
0030034044	41	114	73,5%	69,6%	83,3%
0400221785	17	47	73,4%	68,8%	76,9%
0084017244	71	196	73,4%	46,7%	69,4%
0313009184	18	49	73,1%	46,2%	92,3%
0394920087	123	329	72,8%	35,0%	79,7%
0030033244	68	176	72,1%	56,6%	85,0%
0368840087	61	156	71,9%	82,1%	70,4%
0368750087	29	71	71,0%	50,0%	73,7%

Ces chiffres montrent que certains agents ont plus de 80% de leur portefeuille MRH en zone inondable. Ceci souligne une faiblesse de la structure d'AXA France et de son réseau historique d'agents face à ce type de risque fortement spatialisé. Moduler la manière de souscrire face à un risque, que ce soit à travers la mise en place de règles d'exclusion ou simplement de simples majorations de prime selon l'exposition, entraînerait, de facto, une pénalisation très lourde de certains agents dont une large majorité du portefeuille s'avérerait impactée. Des compensations devraient être trouvées afin de limiter pour chaque agent une perte d'affaires et donc de revenus trop importante.

### **3.3. L'EVALUATION DES DOMMAGES**

La démarche dans laquelle s'inscrivent ces travaux consiste à analyser la sinistralité historique d'AXA France. Dans un premier temps, cela revient à identifier des variables pertinentes pour l'estimation des dommages assurés, puis de les combiner pour, in fine, estimer la part des montants de dommages qu'il devient alors possible d'expliquer grâce à un modèle.

Dans le cas où une telle voie déboucherait sur des résultats jugés suffisants par l'ensemble des parties prenantes, il conviendrait ensuite de déployer le modèle ainsi constitué sur un autre territoire afin de juger de son applicabilité à des contextes différents. Ceci dans une optique de compréhension plus globale du modèle et des facteurs qui le façonnent, de son adaptabilité à un contexte différent et finalement, à des fins de généralisation.

Dans le cas où une telle démarche n'aboutirait pas à des résultats concluants, il conviendrait de s'interroger sur la pertinence des variables à disposition, de leur suffisance ainsi que du niveau de précision dont elles bénéficient. Un apport d'informations supplémentaires étant, dans ce contexte, indispensable d'un point de vue soit quantitatif soit qualitatif.

Afin d'apporter des éléments pragmatiques aux professionnels de l'assurance, deux thématiques sont abordées dans cette section. La première consiste à appliquer les éléments méthodologiques présentés dans le chapitre précédent pour l'estimation du risque pécuniaire que représente l'inondation, qui rappelons-le constitue le premier poste de dépense au sein des périls CatNat. Dans un second temps, une analyse du risque explosion, qu'elle soit d'origines terroriste ou accidentelle (risque industrielle), est menée. Outre le caractère exceptionnel que revêt ce type d'événements, le choix de s'engager sur cette voie provient de besoins « opérationnels ». En effet, ce risque ne dispose pas jusqu'alors d'estimation. Or les contraintes de la directive Solvabilité II impose sa prise en considération dans le calcul du capital économique (STEC : Short Term Economic Capital).

#### **3.3.1. Modélisation du risque financier – Application au risque inondation**

Il est, ici, délibérément choisi de s'engager dans l'analyse des dommages post-événement en utilisant des données sinistres d'un événement majeur ayant eu lieu sur un territoire, d'une étendue spatiale limitée. Deux raisons principales à cela : d'une part, il convient de s'assurer d'employer des données fiables et non des estimations qui sont trop souvent soumises à caution et d'autre part, de s'assurer de l'homogénéité des caractéristiques géographiques, de celles du bâti ainsi que de celles de la perception du risque influençant l'intensité de l'aléa et donc pouvant porter à conséquence sur le montant des dommages. Faute de pouvoir clairement identifier l'ensemble des facteurs influençant la vulnérabilité, il demeure néanmoins essentiel de s'assurer, autant que faire ce peut, de l'homogénéité de ceux identifiables sur le territoire d'étude.

La première étape consiste à identifier les différentes variables disponibles dans le système d'information d'AXA France pouvant avoir une influence significative sur le montant des dommages. Ensuite, il convient d'élaborer des variables de nature géographique via un système d'information géographique, pouvant, par exemple, conditionner les écoulements ou, plus largement, la propension d'un lieu à subir une inondation de plus ou moins forte intensité.

Une fois les variables identifiées et quantifiées, la troisième étape consiste à croiser les variables de natures et de dimensions différentes afin d'expliquer au mieux le montant de dommage par le biais de la connaissance de l'intensité locale de l'aléa et des caractéristiques des enjeux sinistrés.

L'évaluation des dommages passe généralement par l'élaboration de courbes de dommage, comme évoqué précédemment. D'une manière générale, le calcul se fait au niveau de chaque lieu de risques et requiert un large éventail de courbes d'endommagement. A titre d'exemple, les études anglaises menées par le Flood Hazard Research Centre (FHRC, 2005) ont conduit à l'élaboration de plus de 100 courbes d'endommagement distinctes. Cependant, leur nombre ne résulte que de la typologie des enjeux réalisés et du nombre de catégories ainsi créées.

En conséquence, l'élaboration de courbes d'endommagement se pose comme un enjeu crucial. Dans cette optique, une analyse des données « sinistre » obtenues suite aux inondations du Gard en septembre 2002 a été réalisée afin d'évaluer la faisabilité technique de l'élaboration de telles courbes de dommage.

#### *3.3.1.1. Démarche*

L'objectif consiste à élaborer des courbes de dommages permettant de distinguer des comportements différentiels, en termes de réponse, des lieux de risque vis-à-vis de l'aléa inondation.

Cette étape requiert, au préalable, une phase de mise en forme, d'agrégation et de synthèse d'informations correspondant à une réalité observée. L'objectif revient à extraire, de ce retour d'expérience, une information consensuelle nécessaire et suffisante avant de la généraliser et d'essayer de tirer, de ces observations, des lois sur les dommages générés par une inondation. In fine, l'objectif consiste à élaborer des courbes d'endommagement selon les catégories d'enjeux créées à partir des informations à disposition.

Dans cette optique, l'élaboration d'un ou plusieurs de ces indicateurs nécessite la conception d'hypothèses de travail, notamment sur le sujet de la disponibilité et de la qualité des données sur lesquelles les courbes de dommage doivent être construites. Il faut mentionner que cette étape dépend également de la nature des données à disposition. C'est donc, en un sens, une étape itérative.

#### *3.3.1.2. Les bases de données*

Les éléments inhérents à l'élaboration de courbes d'endommagement reposent pour une partie sur l'existence ainsi que la structuration des données dans le système d'information propre à

la société AXA France. Une des premières hypothèses revient à considérer que les données numériques stockées dans le système d'information sont fiables. Leur niveau de détail représente de facto le niveau auquel la catégorisation des courbes d'endommagement est rendue théoriquement possible.

La constitution de la base de données sur laquelle se fonde la variation de la charge sinistre observée résulte de l'agrégation de données de nature et d'origine différentes. Les données présentées ci-après sont celles utilisées pour la constitution des courbes de dommage et sont issues, soit des données sur les aléas, soit des données assureurs, soit de nature géographique.

- Variables « géolocalisation » :
  - Niveau de géocodage (numéro et rue, rue seule, commune).

Concernant la localisation des lieux de risque assurés, celle-ci est réalisée sur l'ensemble des contrats de la zone impactée qu'ils aient ou non subi un sinistre. Les adresses de risque contenues dans les contrats d'assurance sont fiables et correctement renseignées en base de données. Une adresse de risque correspond à un site assuré au titre d'un contrat d'assurance dommage. Une adresse de risque fiable permet, par la suite, de pouvoir géocoder et donc de pouvoir analyser géographiquement la répartition des portefeuilles.

- Variables « inondation » :
  - hauteur d'eau,
  - distance au cours d'eau,
  - distance à la zone inondée.

Concernant l'aléa inondation survenu en septembre 2002, la DIREN Languedoc-Roussillon met à la disposition du public les relevés de la laisse de crue correspondant à cet événement. Il s'agit donc de la cartographie des limites de l'emprise maximale de la crue de septembre 2002 réalisée en utilisant à la fois des relevés « terrain », des images satellitales et également, selon le témoignage des populations locales ayant subi la crue.

La variable hauteur d'eau étant la donnée fondamentale pour l'élaboration des courbes de dommage, sa détermination s'impose donc naturellement dans le cadre de cette étude.

A partir du zonage des territoires impactés par l'aléa inondation, une méthode de détermination des hauteurs d'eau a été mise en place afin de connaître en chaque point du territoire la hauteur maximale des eaux de surface atteinte par la crue. Cette méthode repose sur le principe mis en place dans l'extension du logiciel ArcGIS, HEC-GeoRAS (édité par l'USACE, United States Army Corps of Engineers, libre de droit) nécessitant les extensions Spatial Analyst et 3D Analyst. La première étape consiste à construire un ensemble de profils en travers de la vallée (de manière perpendiculaire à la ligne de talweg) reflétant au mieux les caractéristiques morphologiques de la vallée. Ensuite, les profils sont extraits et assemblés entre eux par une méthode d'interpolation linéaire. HEC Geo-Ras permet ensuite de déterminer à partir des contours de la zone inondable, un modèle numérique d'élévation des eaux de surface donnant en chaque point de l'espace une hauteur d'eau. La variable hauteur d'eau est obtenue ici à une résolution de 90 m correspondant à celle des données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

○ Variables « sinistres » :

- Charge réglée.

Les bases de données sinistres de la société AXA France ne délivrent, comme information relative aux sinistres, que le montant de celui-ci. Il ne figure aucune information sur le sinistre en lui-même, mis à part sous quelle garantie il a été réglé (CATNAT, dégâts des eaux, vols, incendie...).

La charge réglée correspond au montant du préjudice subi soustrait des conditions de contrats qui se restreignent à une franchise fixée par l'état à 380 €. Elle est donc le reflet des dommages subis.

○ Variables « MRH » :

- Montant des capitaux assurés (MTCAPAS) qui résultent non pas de la valeur assurée déclarée par l'assuré mais d'un calcul interne empirique fondé sur la distinction entre mobilier et immobilier et du nombre de pièces,
- Le type d'habitation, à savoir maison, appartement hors rez-de-chaussée et appartement en rez-de-chaussée (CDHABIT),
- Le type d'occupant : propriétaire ou locataire (CDQUALP),
- L'occupation du lieu de risque : occupé ou non occupé (CDQUALO).

Les variables MRH sont extraites des bases de données contrat du système d'information d'AXA France. Les seules variables disponibles pour la définition des caractéristiques architecturales sont très sommaires, il n'y a aucune information sur le nombre d'étage, la surface du bien, l'âge de la construction, le type de matériaux de construction, la présence d'un sous-sol, d'un garage, d'une cave... Autant de données utilisées de manière quasi systématique dans les études réalisées par la communauté scientifique sur le sujet.

La variable MTCAPAS permet de relativiser le montant de la charge sinistre, puisqu'il semble logique de supposer que pour un niveau d'aléa donné, le montant des préjudices subis s'explique en partie par la valeur assurée.

Le type d'habitation s'avère bien entendu discriminant. La simple distinction entre un appartement hors rez-de-chaussée et une maison justifie à elle-seule son emploi dans le cadre de cette étude.

La variable propriétaire ou locataire est jugée également discriminante puisqu'elle permet d'expliquer potentiellement une différence de comportement, de connaissance et de culture du risque. Il semble logique de penser qu'un locataire à la différence d'un propriétaire sera plus enclin à protéger ce qui lui appartient vraiment, à savoir le contenu et les objets de valeur. En revanche, un propriétaire sera potentiellement plus prompt à protéger son bien dans son intégralité. En outre, l'hypothèse considérant qu'un locataire soit moins au fait des risques encourus, est liée à son statut « de passage », contrairement à un propriétaire par définition plus « implanté » sur le territoire. Il n'est donc pas impossible que, d'une manière générale, un propriétaire ait déjà vécu une situation de crise similaire à l'événement en question.

La variable occupant permet de rendre compte d'une partie de la capacité de réaction, de mitigation potentielle d'un lieu de risque. A contrario, un lieu inoccupé peut avoir l'ensemble

de ces réseaux d'eau de gaz et d'électricité coupés, rendant ainsi moins vulnérable le lieu de risque.

- Variables « géographiques » :
  - SLOPE (pente),
  - FLOWACC (accumulation d'écoulement),
  - CLC.

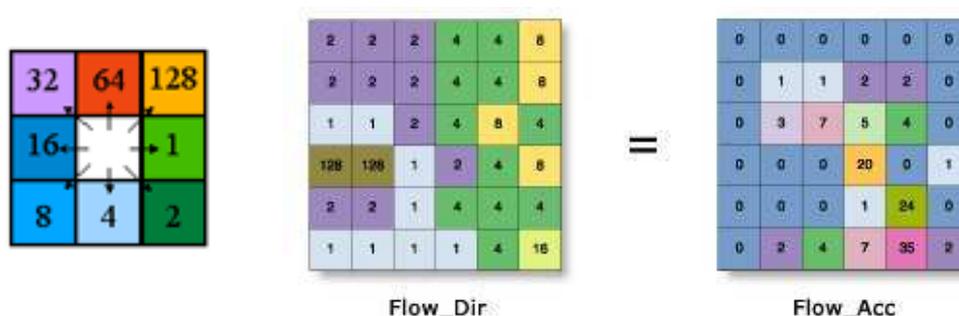
Afin de compléter les visions « aléa » et « assureur », différentes variables de natures géographiques ont été déterminées.

Puisqu'il s'agit d'une inondation générée par un épisode pluviométrique d'une rare intensité (dont les relevés pluviométriques ont indiqué plus de 600 mm d'eau par endroit), des variables relatives à ce type d'événement ont été élaborées. Ces variables sont issues de traitements réalisés dans un SIG à l'aide de données sur l'altitude du terrain via un modèle numérique de terrain (données SRTM de la NASA à 90 m de résolution) ou des données vectorielles sur l'occupation du sol (base Corine Land Cover).

La pente correspond à la pente locale maximale d'une parcelle par rapport à ses voisines, la notion de parcelle correspond ici à un carré de 90 m de côté.

La variable CLC correspond au type d'occupation du sol, un milieu artificialisé s'avère plus propice au ruissellement puisqu'il est, par définition, imperméabilisé.

La variable FLOWACC reflète le potentiel d'accumulation des eaux de ruissellements. Elle résulte du calcul successif des directions des écoulements selon le chemin de plus grande pente entre une parcelle et ses huit voisines (voir figure ci-dessous) puis de l'accumulation des flux au niveau de chaque parcelle. Une parcelle valant 1, la somme d'accumulation de deux parcelles vaut 2, etc... Il s'agit de comptabiliser la somme des flux via ce procédé d'accumulation. L'objet de cette variable est de refléter, d'une part, la propension d'une parcelle à recevoir les eaux des territoires situés en amont et d'autre part, de quantifier cette susceptibilité.



**Figure 3-12: Représentation des différents traitements menant à la création de l'indice d'écoulement FLOWACC. À gauche est représenté le code pour le sens des écoulements et à droite un exemple de résultat des calculs d'accumulation (source : ESRI).**

A partir de ce niveau d'information disponible, il apparaît que la modélisation de la « réalité », c'est-à-dire de la réponse des biens assurés à l'aléa inondation entraîne des marges d'incertitudes dues notamment :

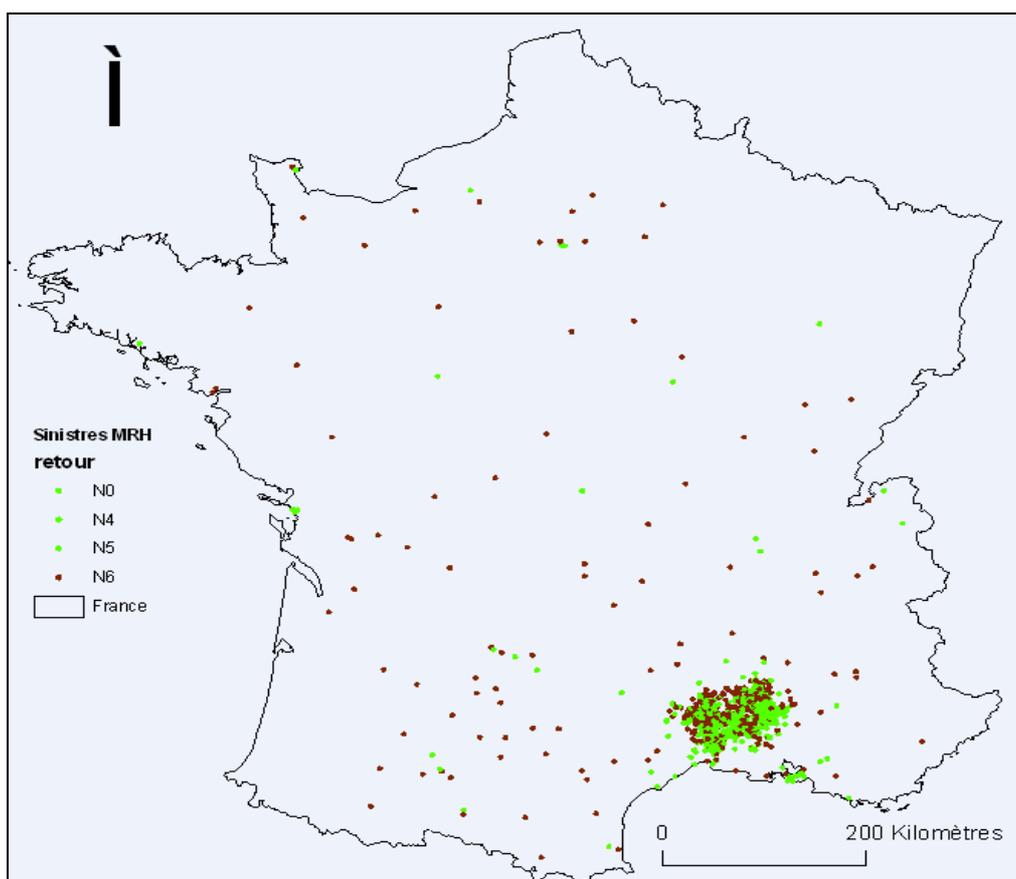
- A la transposition de niveaux d'intensité de l'aléa vers des niveaux d'effets potentiels,
- A la considération simple de la dimension spatiale de l'aléa,
- A une prise en compte des enjeux réduite aux bâtis,
- Aux informations disponibles en base pour la création d'une typologie « architecturale » du bâti.

#### *3.3.1.3. Méthodologie*

La méthodologie employée dans cette partie consiste en la constitution de classes ou de segments d'enjeux par le croisement des variables décrites ci-dessus. Cependant, il convient de préciser que l'étude se cantonne à la part du portefeuille géocodée au niveau le plus fin (c'est-à-dire à la boîte postale). Ce choix se justifie par la volonté de mettre en adéquation la forte spatialité de l'aléa inondation avec une connaissance précise de la localisation des lieux de risque. Comme il en a été fait état, la précision du géocodage à l'adresse est de l'ordre de la centaine de mètres. Etant donné que les données sur la hauteur d'eau sont calculées à une précision similaire (résolution des données SRTM de 90m), le choix de ne pas travailler avec des lieux de risque localisés à la rue (précision de l'ordre de 350 m) ou à la commune, est motivé par le biais que représenterait l'introduction de ces données au regard de la forte variabilité spatiale de cet aléa.

#### *3.3.1.4. Résultats*

Les résultats ne sont pas tous détaillés ici, seuls les plus pertinents sont présentés.



**Figure 3-13 : La localisation des sinistres lors des inondations du Gard les 8 et 9 septembre 2002 selon leur niveau de géolocalisation (N0 : géocodage à l'adresse, N4 géocodage à l'îlot, N5 géocodage à la voie, N6 géocodage au centre de la commune).**

Cette figure montre que les données « adresse » ne sont pas exemptes d'erreurs de saisie avec très certainement des confusions entre les adresses de risque et les adresses de souscription. Afin de limiter les biais engendrés par ces erreurs, le périmètre d'étude a été ramené aux communes du bassin versant de l'ensemble des rivières ayant connu un débordement tel qu'il est décrit par les données AZI.

**Tableau 3-16 : Probabilité d'occurrence des sinistres hors zone inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	2 870	21	2 891	0,7%
M	7 725	219	7 944	2,8%
R	561	4	565	0,7%
Total	11 156	244	11 400	2,1%

**Tableau 3-17 : Probabilité d'occurrence des sinistres en zone inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	6 682	73	6 755	1,1%
M	6 284	299	6 583	4,5%
R	1 070	25	1 095	2,3%
Total	14 036	397	14 433	2,8%

Le tableau 3-17 montre que de nombreuses polices géocodées à l'adresse et situées en zone inondable n'ont subi aucun sinistre que ce soit pour des habitations de type maisons ou appartement en rez-de-chaussée. De nombreuses interrogations ont été soulevées par ces chiffres et des études plus poussées sur la fréquence ont été réalisées afin d'apporter une réponse précise quant à la pertinence des zonages AZI.

D'un point de vue général, il ressort que près de 62% des sinistres générés par l'épisode hydrologique des 8 et 9 septembre 2002 sont situés en zone inondable. Ceci s'explique par la nature de l'événement caractérisé par des cumuls pluviométriques localement supérieurs à 600 mm/h (générant des infiltrations par le toit, la résurgence des eaux par les systèmes d'évacuation des eaux usagées...).

Il apparaît une très faible fréquence de sinistres en zone inondée. Le constat le plus éloquent concerne celui pour les habitations de type « maison » et « appartement en rez-de-chaussée » avec respectivement 4.5% et 2.3% de sinistres en zone inondée.

Une explication partielle de ces résultats peut être avancée : la typologie architecturale des maisons peut s'avérer responsable du différentiel de réponse (sinistré ou non) des contrats MRH présents en zone inondable.

Cette hypothèse est étayée par la culture du risque très forte ainsi qu'une mémoire du risque tout aussi prégnante, influençant parfois la manière avec laquelle les constructions sont réalisées avec la surélévation, la création de vides sanitaires, l'aménagement de fixations pour les batardeaux...

**Tableau 3-18 : Répartition de la charge sinistre en zone inondable pour les contrats MRH lors de la crue de 2002.**

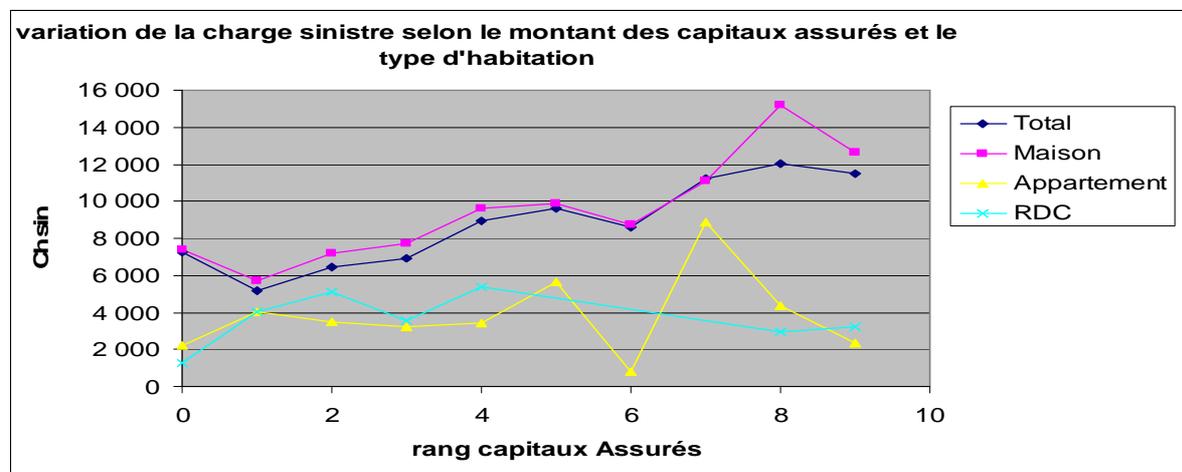
CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	267 626	6,4%
M	2 680 443	63,7%
R	81 016	1,9%
Total	3 029 085	<b>72,0%</b>
Total ZI et Hors ZI	4 207 462	100%

**Tableau 3-19 : Répartition de la charge sinistre hors zone inondable pour les contrats MRH lors de la crue de 2002.**

CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	71 569	1,7%
M	1 103 203	26,2%
R	3 605	0,1%
Total	1 178 377	<b>28,0%</b>

Il ressort de ces tableaux une concentration de la charge sinistre en zone inondable de 72%. A titre de comparaison, la concentration du nombre de contrats en zone inondée est de 62%. D'une manière générale, il apparaît que les sinistres situés hors de la zone inondée sont caractérisés par des charges moins élevées que les sinistres en zone inondable, contribuant ainsi à la concentration de la charge sur les territoires inondés.

Bien qu'il apparaisse clairement que les AZI ne permettent pas de délimiter de manière fiable les contrats sinistrés en cas d'occurrence d'une inondation éclair ou du moins pour l'événement de 2002, il n'en demeure pas moins que ces zonages se révèlent être discriminants puisqu'ils permettent de définir les territoires sur lesquels une large partie de la charge sinistre est concentrée.



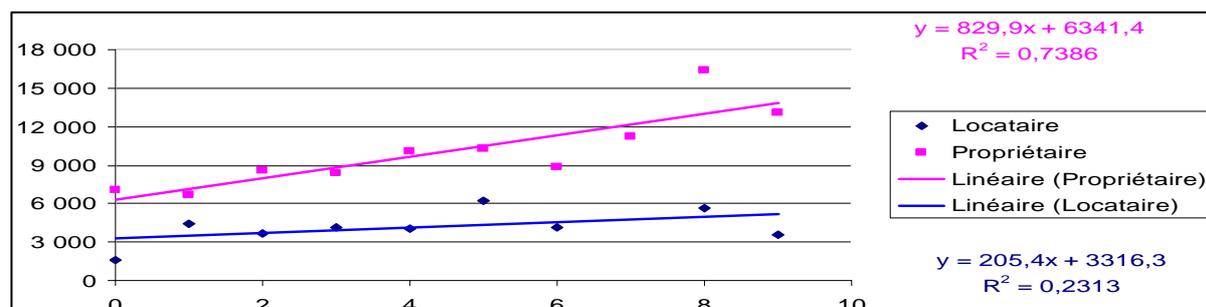
**Figure 3-14 : Variation de la charge sinistre selon le montant des capitaux assurés et le type d'habitation.**

Cette figure montre la variation de la charge sinistre selon le montant des capitaux assurés (regroupés en classe allant des capitaux les plus faibles 1, aux plus élevés 9). Les points présentés représentent donc des moyennes de charges sinistres observées dans ces classes. La distinction selon la typologie de l'habitat a été faite.

Il ressort clairement de ce graphique que l'information « capitaux assurés » permet bien d'expliquer une part de la charge sinistre puisque l'on observe une tendance croissante de la

charge à mesure que les capitaux augmentent (hormis la catégorie 0 qui correspond à des capitaux non renseignés).

Concernant les appartements en rez-de-chaussée, le volume des observations par rang de capitaux assurés est très faible avec même une absence d'observations pour le rang numéro 7. Les résultats ne sont donc pas représentatifs et s'avèrent directement impactés par les spécificités locales propres aux biens ou à l'exposition et ne permettent donc pas de tirer des enseignements généralisables.



**Figure 3-15 : Variation de la charge sinistre selon le montant des capitaux assurés et le type de propriétaire et d'occupant.**

La figure ci-dessus montre clairement l'importance de la variable locataire ou propriétaire quant aux coûts moyens des sinistres. Cependant, il convient d'insister sur le fait que la majorité des propriétaires possèdent des maisons et que la majorité des locataires occupent des appartements.

**Tableau 3-20 : Variation du coût moyen des sinistres (en €) selon la hauteur d'eau (en m) (CH Moy = Charge Moyenne observée).**

Hauteur d'eau	CH Moy
0-1	8 037
1-2	8 276
2-3	12 501
>3	18 375
Hors ZI	7 153
<b>Total</b>	<b>8 938</b>

La variable hauteur d'eau semble faire évoluer la charge dans le sens attendu ce qui permet de valider la méthode d'extraction mise en place et d'avancer que la hauteur d'eau s'impose bien comme un facteur déterminant du coût moyen du sinistre. En outre, il apparaît un palier entre les classes 1-2 m et 2-3 m qui pourrait correspondre à l'arrivée de l'eau au premier étage des habitations.

**Tableau 3-21 : Influence de l'occupation du sol sur la sinistralité.**

Libellé	Surf Tot	Surf ZI	Rapport	Gard			ZI		
				Total Pol	sini	Proba Occurrence	sini	Total	Proba Occurrence
Tissu urbain continu	5	4	80,0%	641	52	8,1%	40	520	7,7%
Tissu urbain discontinu	236	69	29,2%	3441	894	26,0%	498	1806	27,6%
Zones industrielles ou commerciales	31	18	58,1%	88	13	14,8%	6	34	17,6%
Terres arables	108	81	75,0%	6	2	33,3%	1	2	50,0%
Vignobles	1198	292	24,4%	291	110	37,8%	47	82	57,3%
Prairies	22	8	36,4%	5	1	20,0%	0	3	0,0%
Systèmes cultureux et parcellaires	627	264	42,1%	284	119	41,9%	40	93	43,0%
Surfaces essentiellement agricoles,	134	20	14,9%	22	10	45,5%	5	8	62,5%
Forêts de feuillus	1199	46	3,8%	62	18	29,0%	2	4	50,0%
Forêts mélangées	315	11	3,5%	12	3	25,0%	0	1	0,0%
Pelouses et pâturages naturels	133	11	8,3%	28	9	32,1%	2	7	28,6%
Végétation sclérophylle	153	4	2,6%	20	3	15,0%	2	2	100,0%
Forêts et végétation arbustive	348	10	2,9%	31	7	22,6%	1	2	50,0%

Ce tableau présente l'influence de l'occupation du sol sur l'occurrence d'un sinistre. L'idée étant de se rapprocher ainsi de la composante environnementale. Le rapport théorique attendu est le quotient entre les surfaces de tel type exposées à l'inondation avec les surfaces totales de ce même type (l'échelle de travail est le bassin versant).

Il ressort que les zones urbaines denses sont sous-sinistrées par rapport à ce qui peut être escompté. Ceci s'explique par la nature des habitations sur ces zones qui correspondent à des centres urbains caractérisés par des habitations de type appartement et également par la configuration de ces centres avec, généralement, des commerces en rez-de-chaussée et des habitations en étage.

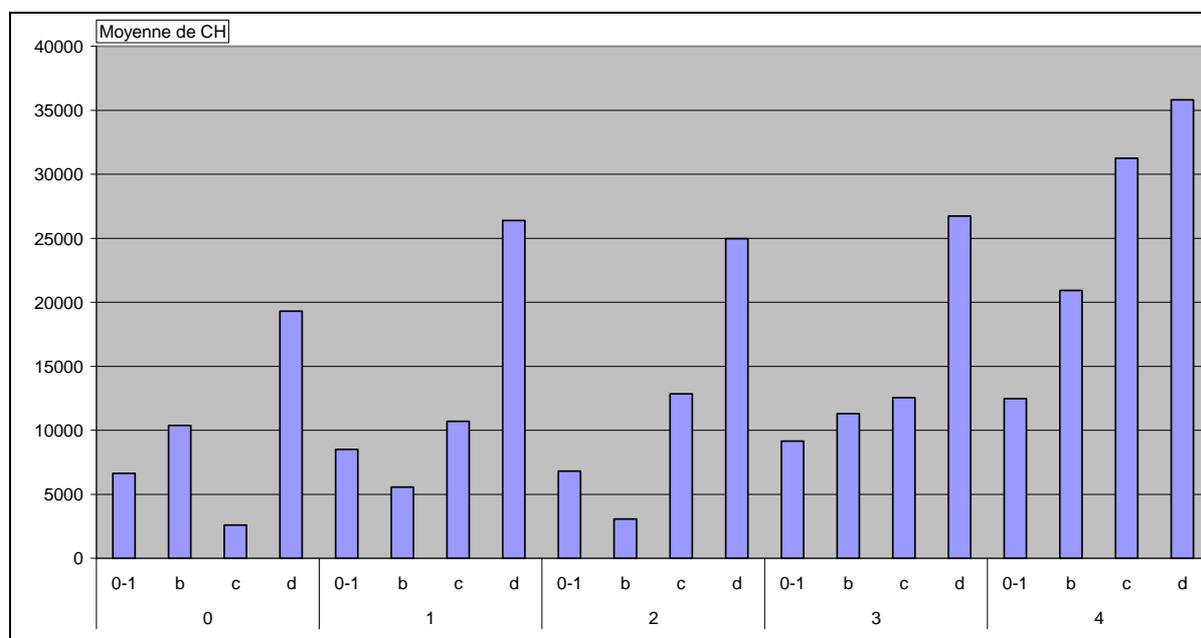
Une des informations intéressantes ici concerne les zones de vignobles où la sinistralité apparaît comme aggravée. Ceci pourrait s'expliquer par la nature de ces territoires caractérisés par des sols nus et des zones de forte pente favorisant le ruissellement vers les zones plus en aval.

**Tableau 3-22 : Variation du coût moyen des sinistres (€) selon la hauteur d'eau (en m) et le type d'habitation.**

Hauteur d'eau	Appartement (hors RDC)	Maison	Appartement en RDC
0-1	3 199	8 838	4 791
1-2	3 061	9 673	1 123
2-3	9 241	14 050	3 094
>3	5 219	26 196	7 020
Hors ZI	2 774	7 640	3 301
Total	3 769	9 776	4 771

Le tableau 3-22 résulte du croisement des variables hauteur d'eau et type d'habitation. Il apparaît de manière claire, pour les classes suffisamment représentées, une augmentation

significative du coût moyen à mesure que la hauteur d'eau croît. La classe d'appartement en rez-de-chaussée possédant trop peu d'observations pour la représentativité de ses résultats. L'écart faible, pour les enjeux de type maison, observé pour des hauteurs d'eau de 0-1 m et 1-2 m peut s'expliquer par l'absence d'information sur la hauteur par rapport au sol du premier plancher habitable (présence de sous-sol, garage ou maison de plain-pied) induisant des biais dans ces résultats. Au-delà de 2 m, il semble raisonnable d'avancer que la zone « habitable » est forcément touchée.



**Figure 3-16 : Essai d'élaboration des courbes de dommage induit par les inondations du Gard en 2002.**

La figure 3-16 résulte du croisement de trois variables. A la figure précédente est ajouté le rang des capitaux assurés. Seule la catégorie des habitations de type maisons est représentée, les autres étant jugées, dans ce cadre, inexploitable (appartement hors rez-de-chaussée) ou possédant trop peu d'observations (appartement en rez-de-chaussée).

Il apparaît ici les limites pour l'élaboration des courbes de dommage qui, même lorsqu'elles résultent du croisement de trois variables, souffrent déjà d'un manque de données avec des classes comptant peu ou prou d'observations. Cela interdit de facto leur emploi à des fins de généralisation et encore moins la transposition de ces résultats sur d'autres territoires.

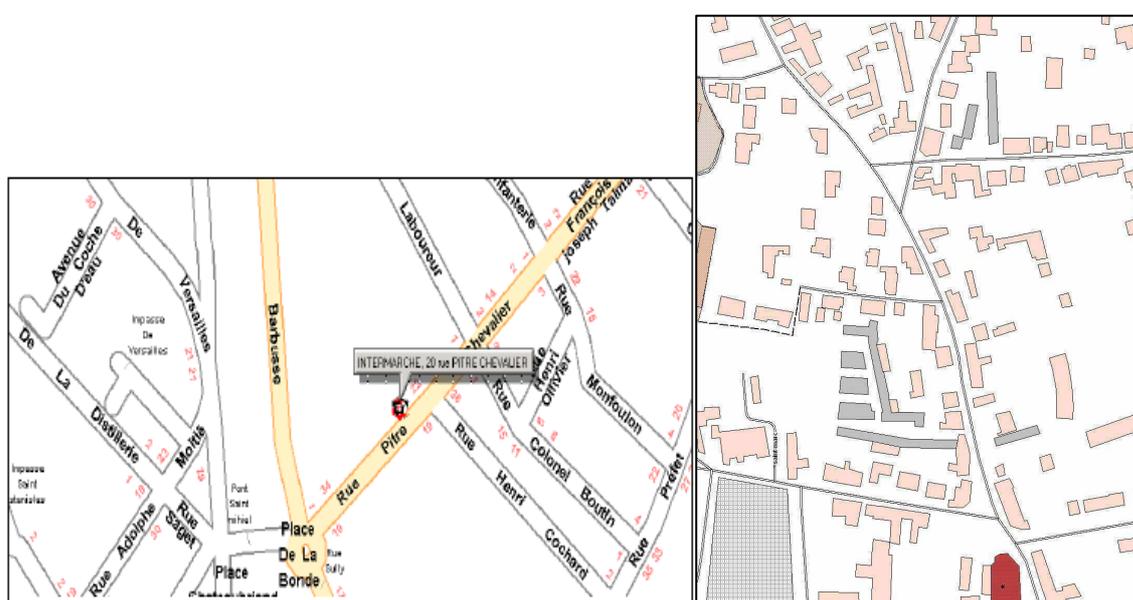
Il faut cependant noter que, globalement, les résultats semblent encourageants et il convient de garder cette approche à l'esprit pour leur élaboration lors de prochains événements où les données observées seront, peut être, en nombre suffisant.

Il faut également mentionner que des analyses similaires ont été menées à partir des données sinistres collectées lors de la crue de plaine survenue en décembre 2003 sur le Rhône dans sa partie aval. Ils ne sont pas présentés ici puisque les résultats, obtenus selon la même démarche, suivent les mêmes tendances que celles présentées jusqu'alors. Ils viennent conforter la fréquence de sinistre obtenue pour les inondations éclair de 2002. L'élaboration de courbes de dommages se heurte également à la même problématique et reste, à ce stade,

trop imprécise pour envisager leur emploi à des fins de prospectives et de les déployer sur d'autres territoires.

### 3.3.1.5. Incertitudes des données et conséquences

Que ce soit l'imprécision des données en entrée comme l'occupation du sol ou l'altitude des lieux de risques, tout cela influence, d'une manière ou d'une autre, l'estimation des dommages. Cependant, la communauté scientifique s'accorde à dire que ce sont les courbes de dommages elles-mêmes qui induisent le plus d'incertitudes (voir chapitre 2). En effet, le simple fait de considérer un ensemble d'enjeux bien que présentant de fortes similitudes engendrent nécessairement une part d'approximation. Considérer des zones homogènes en termes d'occupation du sol est forcément restrictif. Agréger des données engendre irrémédiablement une perte d'informations.



**Figure 3-17 : Différence générée par un géocodage à la "boîte aux lettres" avec le positionnement exact du bâtiment (extrait de la BD TOPO et de la BD Adresse de l'IGN).**

La figure 3-17 illustre les différences existantes et les erreurs induites par le géocodage. L'interpolation pratiquée entre les numéros connus aux intersections génère une partie des erreurs puisqu'il est évident que les numéros et donc les bâtiments ne sont pas espacés de manière régulière. Ensuite, cette figure montre les écarts entre une géolocalisation à la boîte postale et la position du bâtiment sur la parcelle correspondante. Dans certains cas, et notamment pour la branche entreprise, des écarts importants peuvent être observés entre la boîte postale et la position réelle du risque.

En reprenant la figure 2-6 proposée par (Mengual 2005), on constate qu'une entreprise localisée à 25 m près (cartographie au 1/25000) dans une zone avec 25 cm d'eau, pourrait tout aussi bien se trouver hors d'eau ou sous un mètre d'eau. Cette imprécision horizontale s'avère d'autant plus importante lorsqu'on s'intéresse à un enjeu situé en bordure ou à cheval entre deux classes de hauteur d'eau.

A ce titre, la notion d'incertitudes doit faire partie intégrante du modèle et à chaque étape le modélisateur doit les avoir à l'esprit afin de ne pas introduire de biais dans l'interprétation des résultats et, in fine, dans les prises de décisions inhérentes à ceux-ci.

D'une manière générale, l'emploi des méthodes et outils issus des sciences géographiques requiert des efforts d'adaptation passant par l'ajout d'informations de base comme la géolocalisation des lieux de risque. Outre l'aspect des risques naturels et les informations que cela peut apporter pour l'analyse du risque, la surveillance de portefeuille, la prochaine partie s'attache à montrer l'apport de connaissances nouvelles dans le domaine des risques technologiques pour apporter des réponses aux exigences des instances de régulation de l'activité d'assurance et également du point de vue du dimensionnement des couvertures de réassurance.

### **3.3.2. Modélisation du risque financier – Application au risque explosion**

L'objet de cette partie vise à analyser les risques technologique et attentat au prisme de la réassurance et de la directive Solvabilité II. Cette partie vise à combler les manques actuels pour le calcul du capital économique (STEC : Short Term Economic Capital). En effet, sur l'ensemble des risques catastrophiques tels qu'ils sont définis par les instances de contrôle, le risque explosion (attentat et accident technologique) s'avère être le seul non encore estimé dans le secteur de l'assurance.

Il existe cependant pour les risques technologiques des documents d'analyse et de synthèse visant à porter à connaissances des autorités et du public, l'impact potentiel de certaines installations industrielles (ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, Seveso). A ce titre, notons les documents tels que les études de danger des DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ainsi que les PPRT (Plans de Prévention des Risques Technologiques) instaurés par la loi Bachelot en 2003. Mais les retards pris, avec par exemple la réalisation de 10 PPRT sur les 440 prescrits (Rasse, 2009), ne permet pas de s'appuyer sur ces documents pour l'étude de ce risque.

Afin de palier ces lacunes et de répondre aux besoins de la société AXA, la détermination du coût de ce risque doit être réalisée. En outre, cela doit permettre de vérifier la qualité des mécanismes de réassurance ainsi que du bon dimensionnement des couvertures contre ces risques. Il s'agit d'un moyen de s'assurer que l'exposition d'AXA France en la matière est bien maîtrisée.

En conséquence, l'objectif de cette partie vise à répondre à deux interrogations :

- La première est formulée dans le cadre de la construction du modèle de capital économique requis pour Solvabilité II, à savoir la détermination des distributions probabilisées de pertes pour les scénarios de risque d'explosion d'origines accidentelle et terroriste,
- La seconde vise à apporter des éléments permettant de juger du dimensionnement des couvertures de réassurance.

S'engager dans cette voie de prospective nécessite, à l'instar de ce qui a présenté dans ce chapitre, de définir préalablement les scénarios d'aléa, les lieux de risque ainsi que la vulnérabilité, lien entre une intensité d'aléa et un dommage escompté.

### *3.3.2.1. Philosophie*

Par risque technologique et attentat, il est entendu, dans le découpage par risque réalisé par les instances de contrôle, que cela correspond à un risque d'explosion d'origine accidentelle et à une explosion générée par un acte malveillant, du fait de l'homme, assimilable à un attentat (QIS5, 2010).

Face à ce type de risque, l'emploi des méthodes classiques utilisées pour estimer les risques appelés catastrophique (inondation tempête...) se révèle être encore plus inapplicable. La raison principale tient au manque d'observations permettant de créer une distribution probabilisée complète des pertes assurées.

A partir de ce constat, le recours aux méthodes dites par exposition se pose comme une alternative pour proposer une réponse mieux adaptée et apporter une première vision de ce type de risque. Ceci étant, les modèles par exposition restent soumis aux limites inhérentes à la connaissance de la localisation précise des affaires assurées sur le territoire. Il faut rappeler que la connaissance des expositions sur l'ensemble du territoire à un niveau de précision de géolocalisation (à l'adresse) n'est pas disponible sur l'ensemble du portefeuille d'AXA France. En outre, la seconde limite provient des difficultés inhérentes à la construction des hypothèses de lois de probabilité de survenance de ces explosions ainsi que des lois d'intensité de chaque scénario « Terrorisme » et « Conflagration », difficilement objectivables et donc réalisables.

Face à ce dilemme et afin d'apporter une réponse aux besoins énoncés en début de section, l'approche retenue pour calibrer les risques « Conflagration » et « Terrorisme » consiste en une estimation déterministe du coût de plusieurs scénarios. L'objet est donc de construire des scénarios de pertes afin de compléter les événements historiques présents dans les bases de sinistres d'AXA France.

Dans cette optique, l'hypothèse réalisée consiste à considérer qu'une explosion, qu'elle soit d'origine accidentelle ou générée par un acte terroriste, est identique en termes de caractéristiques physiques. En effet, une explosion quelle que soit son origine engendre des ondes de surpression qui génèrent des dégâts aux hommes, aux biens ainsi qu'à l'environnement.

En conséquence, l'estimation du risque est considérée comme représentative d'un scénario « Conflagration » tout comme un scénario « Terrorisme ». La sinistralité brute de réassurance modélisée pour ces deux périls est donc considérée comme identique.

### *3.3.2.2. La démarche*

L'étude des ondes explosives fait partie de la détonique. La détonique est une discipline qui fait intervenir en parallèle de nombreux domaines de la physique : aussi bien la physique des ondes (en particulier la théorie des ondes de choc), la chimie (caractéristiques des réactions et

des produits de réaction), la thermodynamique, ainsi que la mécanique des solides pour prévoir les dégâts de façon précise sur les différentes structures.

Les ondes explosives sont des ondes de choc, il convient donc de vérifier les relations de discontinuité (relations de Hugueniot) au passage de l'onde de choc. En outre, l'étude des ondes de choc fait intervenir les nombres de Mach : les valeurs calculées sont alors tirées d'abaques car la résolution directe des équations est très complexe.

Ces premiers éléments montrent qu'il s'avère difficile de créer un modèle correct uniquement à partir de la résolution d'équations mathématiques. L'utilisation d'abaques et de données empiriques s'avère être un moyen de contourner les difficultés théoriques quant à la réalisation d'un modèle déterministe d'explosion.

Dans cette optique, cette analyse reprend et complète des éléments préalables réalisés en interne par des stagiaires de l'Ecole Central Paris en 2007 et se fonde sur le retour d'expérience de la catastrophe AZF survenue à Toulouse le 21 septembre 2001.

Les paramètres du modèle d'explosion sont déterminés à partir des sinistres AZF (bruts de recours, vision décembre 2005) croisés avec les engagements des contrats tels qu'ils sont renseignés dans le renouvellement du traité dommage au bien 2008, géocodés précisément (à minima au voisinage), qui étaient déjà présents en portefeuille en 2001.

**Tableau 3-23 : Vision de la sinistralité pour AXA de l'événement.**

	Nombre sinistres	Charge sinistres (M€)
TOTAL AZF	8 008	116,7
dont contrats en cours 2007 géocodés précisément	1 943	35,8
dont MRH	1 247	7,4
dont Immeubles	505	26,4
dont Autres	191	2,0

D'une manière générale, la sinistralité consécutive à une explosion dépend principalement de 3 éléments (MEDDM, 2006) :

- l'intensité de l'explosion,
- la distance du risque assuré au lieu de l'explosion,
- la valeur du bien assuré.

Les scénarios considérés sont les suivants :

- Sinistre « CLIMADEF » :
  - le montant de sinistralité historique est revalorisé selon l'indice FFB entre la date de survenance (1994) et l'année projetée (2012). Les montants historiques et revalorisés sont respectivement de 4,5 M€ et 8,0 M€
  - La période de retour du scénario est fixée à 20 ans, puisqu'il s'agit du sinistre le plus important observé et assuré par AXA France sur ces 20 dernières années.
- Sinistre « AZF » :

- le montant de sinistralité historique est revalorisé selon l'indice FFB entre la date de survenance (2001) et l'année projetée (2012). Les montants historiques et revalorisés sont respectivement de 115 M€ et 170 M€,
  - La période de retour du scénario « AZF », dont l'entreprise à l'origine de l'incident n'était pas assurée par AXA France, est estimée à 100 ans en considérant une période de retour « marché » de 20 ans et une part de marché d'AXA France de 20% sur le segment des risques industriels.
- Scénario 3, de période de retour 200 ans, basé sur l'estimation du coût probable d'un événement majeur « Terrorisme » ou « Conflagration » survenant à la Défense.

Ces trois scénarios, une fois leurs coûts établis, sont ensuite extrapolés afin d'obtenir une distribution probabilisée « complète » du risque. Le choix des périodes de retour est arbitraire et a été fixé et validé par les responsables des services en charge de l'évaluation du STEC. Quoiqu'il en soit, ces choix peuvent susciter matière à discussion. Dès cette étape, il apparaît que le choix de la période de retour notamment pour AZF va influencer sur la forme de la loi de probabilité qui va approximer la distribution de pertes ainsi construite.

### 3.3.2.3. Le modèle

Pour une même intensité et une même distance à l'explosion :

- plus la valeur assurée du risque est élevée, plus la probabilité de survenance d'un sinistre et plus le coût du sinistre sont élevés,
- on observe que : Charge sinistre  $\approx$  constante x engagement  
constante = taux de destruction

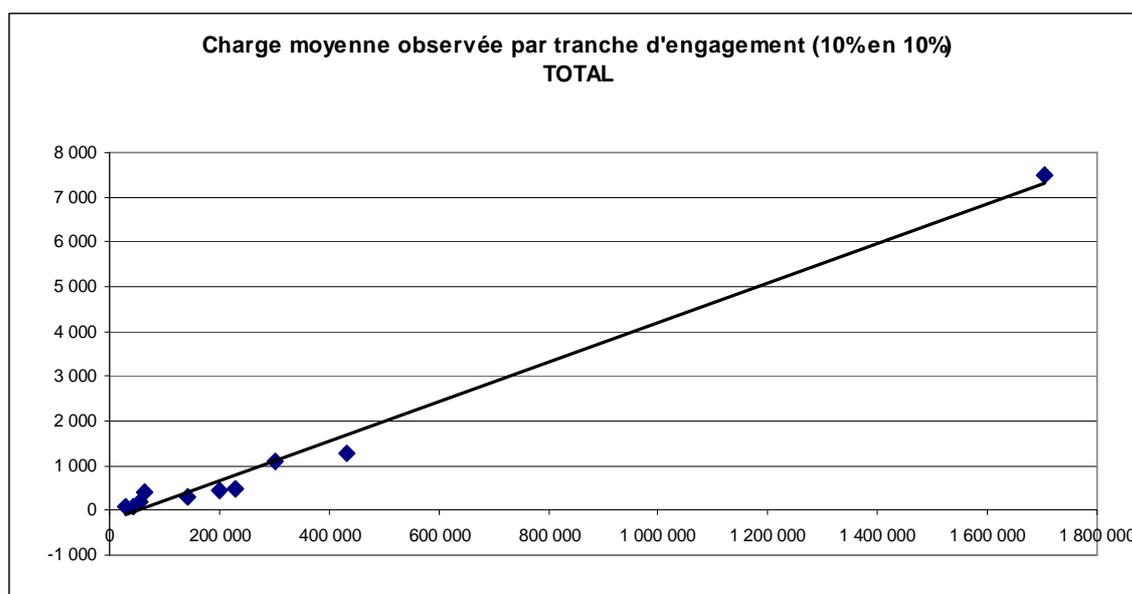


Figure 3-18 : Charge sinistre moyenne observée par tranche de capitaux assurés.

#### 3.3.2.4. Détermination des engagements financiers (Valeur du bien assuré)

Les engagements de chaque affaire font l'objet d'une sélection différenciée selon leur importance :

- Les affaires ayant un engagement supérieur à 30 M€ pour la branche Immeuble et supérieur à 55 M€ pour les autres branches sont systématiquement contrôlées et ajustées conformément aux données déclarées en réassurance,
- Les engagements de l'ensemble des autres affaires sont conformes aux valeurs renseignées dans les traités DAB (par événement ou par risque) à destination du renouvellement des conditions de réassurance pour l'exercice 2012.

Les engagements étant connus a priori, la modélisation de la charge sinistre s'effectue donc en modélisant le « taux de destruction » en fonction de l'intensité et de la distance à l'explosion.

#### 3.3.2.5. La notion de surpression

Le taux de destruction en un point donné de l'espace est fonction de la surpression générée par l'explosion en ce point.

L'abaque TM5-1300 de Lannoy donne les valeurs de surpression moyenne engendrée par une

onde de choc en fonction de la distance réduite :  $\lambda = \frac{D}{m_{TNT}^{\frac{1}{3}}}$

où D est la distance en mètres au centre de l'explosion et  $m_{TNT}$  est la masse TNT en kg nécessaire pour reproduire une explosion de même intensité (dans le cas d'AZF,  $m_{TNT} = 100\ 000$  kg).

L'extrapolation de la courbe de Lannoy par des courbes usuelles permet d'estimer les valeurs de la surpression en fonction de la distance et de l'intensité de l'explosion.

Explosion AZF :  $M(TNT) = 100\ 000$  kg (compte-rendu du procès AZF, 2009).

**Tableau 3-24 : Principaux résultats du modèle.**

Distance	Surpression moyenne (mbar)	Engagement (M€)	Charge (M€)	Taux de destruction moyen observé
<1km	195	1	0,2	30,50%
<1,5km	32	108	18,4	16,98%
<2km	24	67	3,9	5,77%
<2,5km	19	130	4,1	3,19%
<3km	16	272	2,3	0,83%
<3,5km	14	278	1,6	0,58%
<4km	12	436	1,4	0,32%
<4,5km	11	1 816	1,6	0,09%
<5km	10	929	0,6	0,07%
<10km	7	2 139	1,0	0,05%
<50km	3	3 312	0,7	0,02%
TOTAL		9 488	35,8	0,38%

L'usine AZF était située au sud de Toulouse, sur une zone vaste de 70 ha, située entre la Garonne et une route nationale et une autoroute, expliquant qu'aucun risque assuré ne se situait à moins de 800 mètres de l'usine.

Il apparaît que le taux de destruction décroît de manière très forte avec la distance. Ainsi la moitié de la charge se concentre sur des risques situés à moins de 2 km de l'usine.

Partie Masquée

**Figure 3-19 : Taux de destruction en fonction de la surpression.**



Figure 3-20 : Cartographie des sinistres AZF supérieurs à 1 000 € (Google Earth).

- > 100 000 E
- 100 000 – 50 000 E
- 50 000 – 10 000 E
- 10 000 – 1 000 E

Finalement, le modèle de sinistralité de chaque contrat s'écrit donc :

Partie Masquée

Avec :

$$\text{Supression} = \lambda^{-2,72} \times 23810 \text{ si } \lambda < 3$$

$$\text{Supression} = \lambda^{-1,779} \times 8472 \text{ si } 3 < \lambda < 9$$

$$\text{Supression} = \lambda^{-1,283} \times 2853 \text{ si } 9 < \lambda < 20$$

$$\text{Supression} = \lambda^{-0,90471} \times 917 \text{ si } \lambda > 20$$

$$\text{et } \lambda = \frac{D}{m_{TNT}^{\frac{1}{3}}}; \text{ D en mètres et } m_{TNT} \text{ en kg}$$

### 3.3.2.6. Choix du scénario d'explosion

Pour le choix du lieu du déploiement du modèle :

- Le quartier d'affaires de La Défense cumule, pour AXA France IARD, la plus importante concentration de capitaux assurés dans un espace aussi restreint. Son rayonnement mondial, sa place de premier quartier d'affaires en France voire d'Europe et sa localisation dans une des plus importantes capitales européennes voire mondiales, en font un lieu suffisamment crédible pour y concevoir, notamment, une occurrence d'attentat. Ces raisons ont imposé la zone de La Défense comme terrain de déploiement du présent modèle.
- L'intensité de l'explosion retenue s'élève à 2 150kg TNT, ce qui équivaut à la courbe de destruction suivante :

**Tableau 3-25 : Courbe de destruction employée pour le scénario explosion retenu.**

Partie Masquée

Le choix de l'intensité de l'explosion se justifie selon plusieurs axes :

- Suivre les recommandations du QIS 5 préconisant un taux de destruction de 50% dans un rayon de 300 m (CEIOPS, 2010). Une explosion d'une masse d'explosifs équivalente à 2,15 tonnes permet, dans ces conditions, d'obtenir un taux de destruction moyen de 51,7% dans le rayon de 300 mètres autour de l'explosion.
- Une explosion d'une intensité de 2,15 tonnes de TNT équivaut, d'après une étude publiée par le département Physique et Astronomie de l'université de Victoria (Dewey, 2005) et selon un scénario conservateur considérant une explosion en milieu confiné (facteur d'efficacité de la réaction à 10%), à une explosion de 10,75 tonnes de propane soit 21,5 m<sup>3</sup> de propane (à 25°C et une pression de 8 bars) (SFPE, 2008). Ce volume ainsi que ces conditions correspondent tant aux modalités qu'à la capacité de transport par camion citerne de tels produits en France.
- Lors de l'attentat d'Oklahoma City en 1995, une bombe camion-basée d'engrais a été utilisée. Son équivalent TNT a été estimé à près de 2 tonnes de TNT (Mlakar, 1998).

Le choix de l'épicentre de l'explosion et le calcul de la sinistralité :

- Chaque affaire recensée sur le territoire de la Défense est considérée comme centre potentiel de l'explosion. Le couple de coordonnées géographiques correspondant à l'adresse de risque de chaque affaire est ainsi introduit, à tour de rôle, dans le modèle en tant qu'épicentre du modèle d'explosion,
- Le calcul de la sinistralité est réalisé affaire par affaire sur la valeur d'engagement brut. Le taux de destruction est déterminé par le modèle pour chacune de ces affaires afin de calculer une charge estimée brute. Puis les conditions de réassurance (facultative et traité par risque-GAREAT expliquées ci-après) sont appliquées de manière à déterminer une charge nette,
- In fine, le lieu retenu correspond au scénario générant le coût maximal (net de Fac, brut de traité par risque). Ces conditions sont explicitées ci-après.

➤ Recensement des affaires

Le périmètre des affaires recensées correspond aux contrats IARD dommage aux biens hors contrats « automobile » en cours à fin février 2011 pour l'ensemble des branches MRH, Commerce, Immeubles, Risques Industriels et Tous Risques Chantiers. Les contrats retenus sont ceux localisés sur les communes de Puteaux, Nanterre et Courbevoie.

➤ Calcul de la distance

Pour chaque affaire, les adresses de risques ont été extraites puis géocodées afin d'obtenir les coordonnées géographiques dans le système de projection cartographique Lambert 2 étendu. L'épicentre de l'explosion est également localisé par ses coordonnées géographiques dans le même système de projection.

La distance euclidienne entre chaque affaire et l'épicentre de l'explosion est alors calculée.

➤ Calcul de l'intensité de l'explosion :

L'intensité de l'explosion en son épicentre est exprimée en équivalent kg TNT. L'atténuation de l'onde de surpression générée par l'explosion à mesure de sa propagation dans l'espace ainsi que le passage d'une valeur de surpression à un taux de destruction sont directement obtenus à partir du modèle déterminé par retour d'expérience lors de la catastrophe d'AZF et présenté ci-avant.

Evaluer a priori le risque explosion nécessite d'identifier les territoires impactés par l'onde de surpression avec les enjeux qu'ils contiennent. A cette fin, il apparaît incontournable de procéder à l'inventaire des enjeux présents sur les territoires. Les enjeux pris en compte dans cette étude se limitent aux portefeuilles DAB Non Auto à vision fin février 2011.

La gestion du géocodage consiste en un processus itératif dont les principales étapes sont citées ci-dessous :

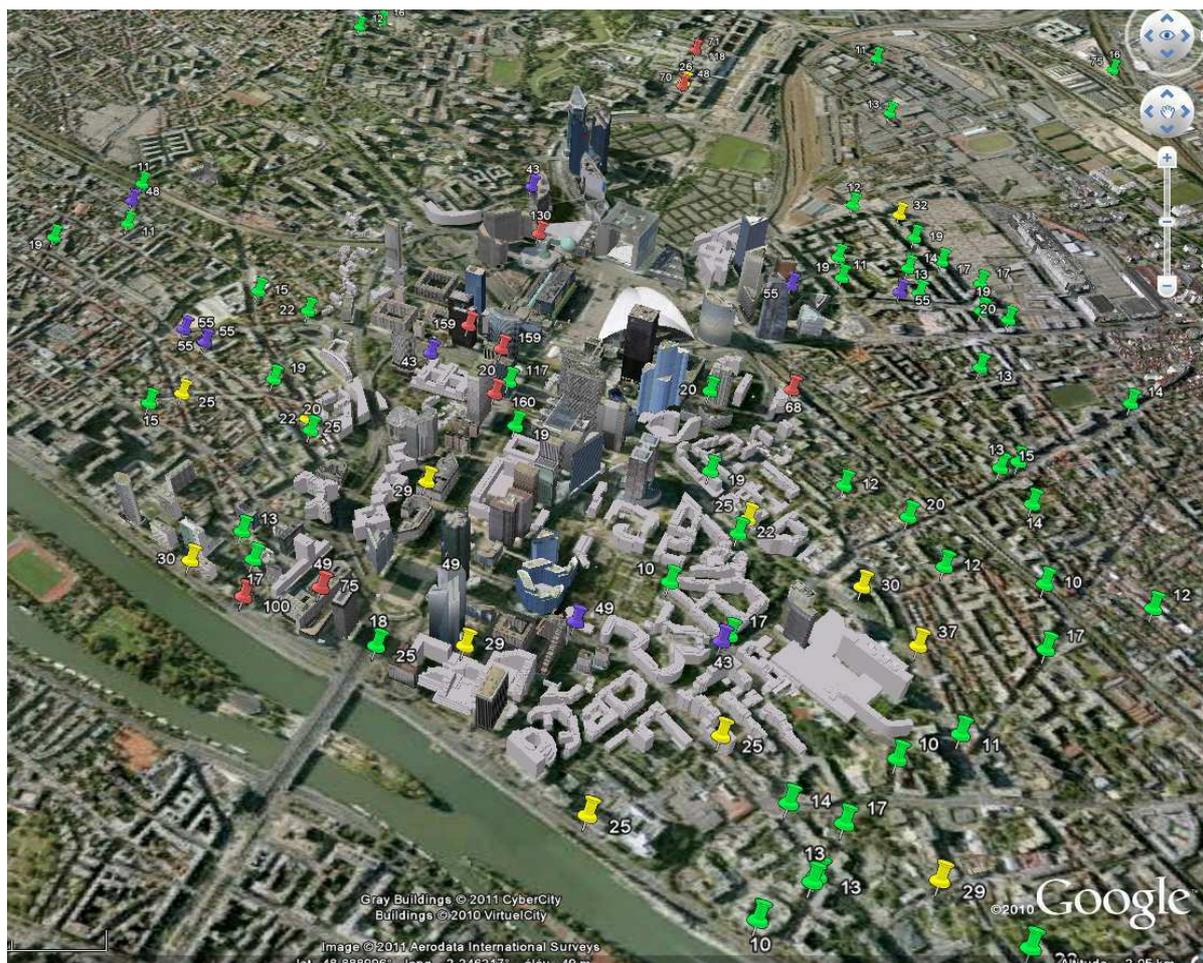
- Les libellés des adresses sont formatés afin d'assurer leurs bonnes assimilations par le géocodeur,

- Les adresses de risques des contrats localisés à la Défense sont soit corrigées manuellement (fautes de frappe, caractères spéciaux...), soit complétées par une recherche sur Internet ou, encore, les coordonnées GPS sont directement lues via la plate-forme Google Earth. (10 contrats),
- Trois sessions de géocodage → formatage des adresses → Re Géocodage ont été réalisées afin d'obtenir la géolocalisation la plus précise des contrats,
- In fine, 55 adresses ont ainsi été corrigées,
- La conformité du géocodage à la réalité a été vérifiée via la plate-forme Google Earth pour les affaires ayant un engagement > 50 M€

**Tableau 3-26 : Etat du géocodage des affaires localisées à la Défense à la fin du processus mis en place.**

<b>Niveau de Géolocalisation</b>	<b>Nb Contrats</b>	<b>%</b>	<b>SMP Net (M€)</b>	<b>%</b>
<b>Ville</b>	68	0,5%	43,3	0,6%
<b>Rue</b>	178	1,3%	352,3	4,6%
<b>Adresse</b>	12964	98,1%	7 302,4	94,9%
<b>Total</b>	<b>13 210</b>	<b>100</b>	<b>7 698</b>	<b>100</b>

Les résultats du processus de géocodage à la Défense ont permis d'obtenir un taux de géolocalisation à l'adresse pour 98% des affaires. Il faut également noter que la géolocalisation à la rue correspond dans certains cas au niveau le plus fin de géolocalisation (par exemple dans le cas d'adresse du type place, esplanade...).



**Figure 3-21 : Cartographie des affaires sur le quartier de la Défense supérieure à 10M€ (Google Earth).**

➤ Gestion des incertitudes liées au géocodage :

Le géocodage du portefeuille est dépendant des informations adresses à disposition. Lorsque l'adresse est incomplète (ex : numéro de rue absent) ou erronée (erreur de saisie) voire absente, le géocodage peut s'avérer insatisfaisant eu égard à la forte spatialité de l'explosion. En conséquence, il est choisi de ventiler les affaires ayant un géocodage à la maille communale. Une règle de proportionnalité est instaurée considérant une répartition identique de ces contrats à ceux géolocalisés au niveau le plus fin (i.e. à l'adresse).

La part des affaires mal géocodées hors branche MRH est de 3,1% en nombre d'affaires et représentent 0,6% des engagements.

Sur le périmètre MRH, la partie mal géocodée des affaires représente 15% en volume et 11% des engagements. Globalement, la part des affaires MRH mal géocodées correspond à 1,3% des engagements totaux sur La Défense.

In fine, la part des contrats répartie par une règle de proportionnalité représente 1,8% des engagements de l'ensemble des affaires recensées sur La Défense.

Dans un second temps, il faut ajouter le manque d'information pour les contrats multi sites notamment pour les branches immeuble et risque industriel. En effet, le repérage de ces lieux de risques est réalisé, dans le système d'information d'AXA France, à une adresse unique correspondant au siège social, à la maison mère... Ces lieux se voient donc attribuer des engagements correspondant à l'ensemble des sites. Finalement, il ressort de cela des cumuls de risque ponctuels ne reflétant pas la réalité locale du risque financier réellement encouru par AXA. A contrario, la non connaissance de la totalité des adresses de risque rend impossible la répartition sur les territoires de l'exhaustivité des engagements d'AXA France.

➤ La répartition des enjeux « Mal Géocodés »

Dans une optique d'analyse de la vulnérabilité financière d'AXA face à un aléa dont l'intensité, comme illustré précédemment, est fortement spatialisée, il s'avère incohérent de travailler avec des lieux des risques localisés au centre des communes. Afin de refléter au mieux la répartition spatiale de ces enjeux au sein des espaces communaux, il est décidé de les répartir de manière proportionnelle à la part d'enjeux bien géocodés. Cette répartition s'opère par tranche de distance entre l'épicentre de l'explosion et la proximité des enjeux. Naturellement, le nombre et l'ampleur de ces tranches sont directement dépendants de l'intensité de l'explosion et plus précisément de la valeur du coefficient de destruction calculée par le modèle d'aléa explosion.

### *3.3.2.7. Estimation de la vulnérabilité financière d'AXA*

Les calculs de propagation des ondes de surpression permettent d'associer au scénario d'explosion une zone impactée.

La détermination de la charge estimée pour chaque lieu de risque est réalisée par le croisement entre l'engagement d'AXA avec le taux de destruction estimé par le modèle en un point.

➤ Application formule standard QIS 5 :

Une fois que l'ensemble des éléments quant à la détermination du risque ont été mis en place, le déploiement du modèle peut alors être réalisé. Dans un premier temps, il convient de vérifier la cohérence du modèle avec les préconisations faites dans le QIS 5 pour l'estimation du risque attentat (pas de formule pour le scénario accident). Il est fait état d'un taux de destruction de 50 % dans le rayon de 300 m cumulant la plus importante valeur de capitaux assurés.

En parallèle, la philosophie a été appliquée en utilisant pour calculer le taux de destruction le modèle présenté plus haut. L'idée étant de s'assurer que les modèles fournissent des scénarios de même ordre de grandeur.

**Tableau 3-27 : Résultats de la modélisation du scénario Attentat selon les préconisations du QIS 5 et selon le modèle proposé par AXA France.**

<b>Etape de la modélisation</b>	<b>Charge Modèle Interne (M€) - Scénario Majorant</b>	<b>Charge Modèle QIS5 (M€) - Scénario Majorant</b>
---------------------------------	---	--

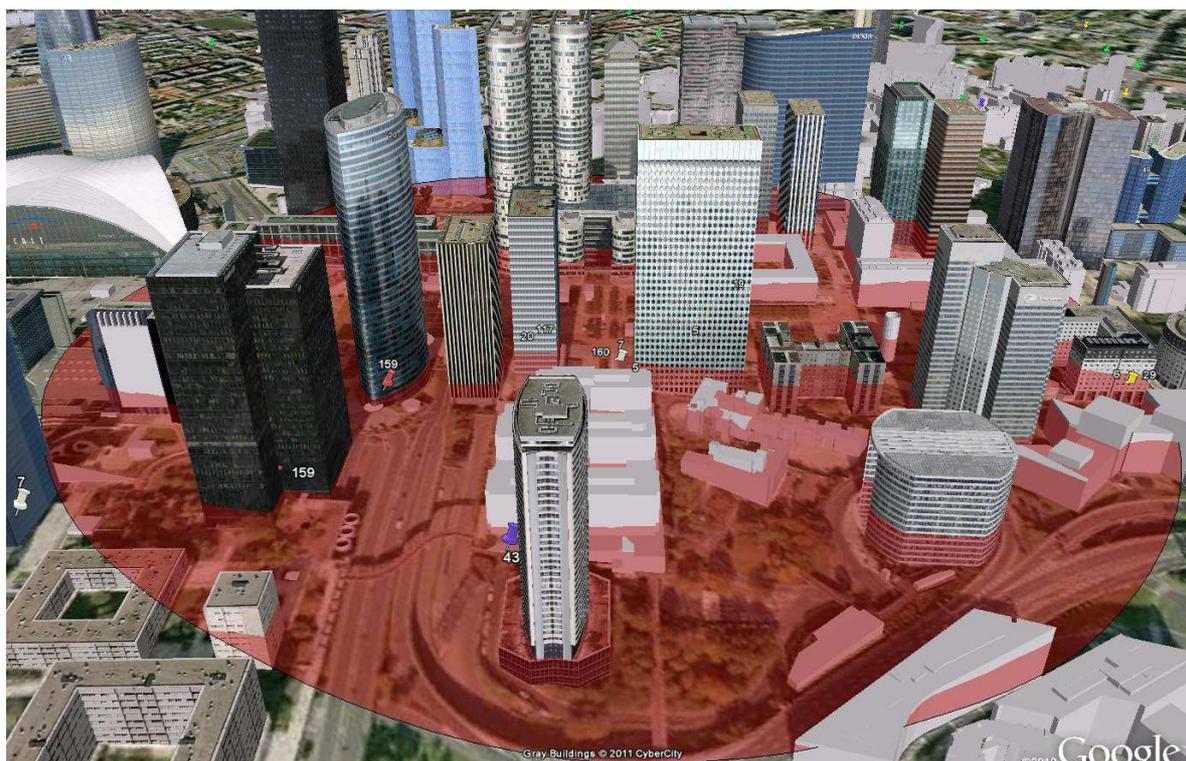
Partie Masquée

Ces résultats sont issus du déploiement du modèle. L'ensemble des affaires localisées à la Défense a été testé comme lieu de l'explosion. Le scénario retenu correspond au lieu de l'explosion générant la charge nette de Fac la plus importante.

Il ressort de ce tableau que les coûts bruts générés par un attentat restent dans des ordres de grandeurs similaires que le calcul soit effectué selon le QIS 5 ou le modèle interne. En outre, ces résultats montrent que le choix de modélisation effectué par AXA France via l'adoption de ce modèle est très conservateur puisqu'il majore les recommandations standards.

Au final, le scénario QIS5 (brut de réassurance) majorant pour AXA France s'élève à --- M€. Le scénario AXA France s'élève quant à lui à --- M€

L'application des conditions de réassurance interne (traité en facultative) et de réassurance marché pour l'attentat avec le pool GAREAT permet de réduire la charge brute. Les conditions de réassurance seront expliquées plus en détail peu après.



**Figure 3-22 : Cartographie du scénario QIS 5 majorant. Les pastilles figurent les affaires assurées par AXA supérieures à 10 M€.**

Cette figure permet de visualiser le scénario majorant vision QIS 5. Il ressort de cette image que l'épicentre de l'explosion est localisé en plein cœur de la Défense, là où les cumuls de capitaux assurés concernent les grandes tours emblématiques de ce centre d'affaires.

- Scénario (Net Fac et Brut Traité) générant le plus de charges

Dans le cadre de ces travaux et afin de répondre aux interrogations que suscitent ces risques, il a été décidé de ne pas conserver le scénario majorant brut de réassurance mais le scénario majorant une fois les conditions des affaires cédées en facultatives déduites.

**Tableau 3-28 : Résultat majorant pour le scénario AXA.**

branche	Nb Cts	SMP brut Fac et traité	SMP Net Fac / brut traité	Estimation modèle
---------	--------	------------------------	---------------------------	-------------------

Partie Masquée

Le tableau fait état du scénario majorant pour AXA France. Le coût en sortie du modèle s'élève à --- M€. A ceci, il faut rajouter la part du portefeuille non ou mal géocodée.

La gestion des incertitudes du géocodage se fait via l'hypothèse d'une répartition des affaires mal géolocalisées identique à celle des affaires correctement géolocalisées.

**Tableau 3-29 : Estimation finale de la charge maximale avec la répartition des affaires mal géocodées.**

branche (hors MRH)	Niveau géocodage	Nb Cts	SMP Brut Fac et traité	SMP Net Fac et brut traité	Estimation Modèle	Ajustement
--------------------	------------------	--------	------------------------	----------------------------	-------------------	------------

Partie Masquée

Ce tableau est une synthèse des manipulations effectuées pour la prise en compte des affaires mal géocodées dans le coût final estimé d'un scénario d'explosion. La méthodologie déployée est une équipartition des coûts des enjeux mal géocodés selon les taux de destruction calculés au niveau de la zone de La Défense dans son ensemble. Ces taux « théoriques » sont déterminés pour chaque branche de portefeuille (MRE, TRC, IMM...) et sont appliqués au montant global toujours par portefeuille des affaires mal géocodées.

Le tableau montre que l'estimation hors portefeuille MRH passe de --- M€ à --- M€ soit un impact limité sur les sorties du modèle.

**Tableau 3-30 : Estimation finale de la charge maximale avec la répartition des affaires non géocodées.**

branche MRH	Niveau géocodage	Nb Cts	SMP Brut Fac et traité	SMP Net Fac et brut traité	estimation modèle	ajustement
-------------	------------------	--------	------------------------	----------------------------	-------------------	------------

Partie Masquée

Ce second tableau s'attache à prendre en compte la part des contrats MRH mal géocodés sur la zone de La Défense. Au final, la charge estimée passe de --- M€ à --- M€.

**Tableau 3-31 : Estimation du coût final du scénario majorant pour AXA France par le modèle interne.**

Modèle	Sinistralité (M€)
Brut de Facs/Brut de Traité par risque - Hors mal géocodés	Partie Masquée
Net de Facs/Brut de Traité par risque - Hors mal géocodés	
<b>Net de Facs/Brut de Traité par risque- Yc mal géocodés</b>	

Finalement, le coût du scénario majorant pour AXA France s'élève à --- M€ (--- ajoutés de --- M€) avant application des protections de réassurance par traité. A noter qu'aucun traité de réassurance en facultative n'est mis à contribution dans ce scénario.

Le coût de --- M€ s'avère donc bien le scénario majorant et c'est ce montant qui va devoir être comparé avec les structures de réassurances par traité.



**Figure 3-23 : Cartographie du scénario AXA France majorant. Les pastilles représentent les affaires assurées par AXA supérieures à 10 M€.**

Cette figure montre la localisation de l'épicentre de l'explosion générant le coût net de réassurance en facultative et brut de traité. A la différence du scénario standard « QIS 5 », l'épicentre se trouve un peu à l'extérieur du cœur même de La Défense. Ceci montre que la réassurance en facultative n'est, dans ce secteur, pas mise en défaut. Ce scénario est plus constitué d'un ensemble de risques secondaires (les risques non placés en facultative c'est-à-dire inférieurs à 55M€).

### 3.3.2.8. *La gestion de la réassurance dans la détermination du coût des scénarios*

Afin de pouvoir challenger les structures de réassurance propres à AXA France, une brève description des différents types de processus est réalisée afin de fournir un éclairage sur les conditions d'intervention de ces mécanismes.

D'une manière générale, il existe deux grands types de processus de réassurance : la réassurance par traité et la réassurance en facultative.

Pour une affaire placée en facultative, la cédante cède et le réassureur couvre tout ou partie du risque couvert par une police d'assurance unique. Cette forme de réassurance se fait risque par risque et, est négociée séparément pour chacune des polices d'assurance réassurées.

Dans le cadre d'un traité, la cédante est obligée contractuellement de céder et le réassureur d'assumer une part bien précise des risques assurés par la cédante.

In fine, ce qui rentre directement dans le système de réassurance interne à AXA France est le coût net de facultative et brut de traité. En conséquence et en décalage par rapport au QIS 5, le scénario majorant recherché dans le cadre de ces travaux est bien le coût net de facultative.

En matière de réassurance par traité, il existe différentes couvertures dont les spécificités sont propres à chacune d'elles :

➤ Réassurance par risque

Les protections de réassurance par risque ont pour objectif principal de couvrir la survenance de sinistres individuels indépendants (comme par exemple l'incendie). Le nombre de reconstitutions limité de la capacité de réassurance par risque ne garantit pas que celle-ci ne soit pas, en partie ou totalement, consommée avant même la survenance de l'événement.

En conséquence et dans l'optique d'aboutir à des résultats conservateurs, il est décidé, dans le choix final du coût du scénario, de ne pas retenir les protections de réassurance par risque comme élément de réduction de la perte de l'événement.

➤ Réassurance par événement

Les modalités d'application de la réassurance par événement sont très différentes selon que l'explosion soit d'origine accidentelle (conflagration) ou terroriste.

Partie Masquée

**Figure 3-24 : Structure de réassurance 2011 Conflagration d'AXA France.**

En conflagration, les pertes sont protégées par un traité en excédent de sinistres couvrant les pertes de 15 à 500 M€. L'exposition d'AXA France se trouve ici composée de la franchise (rétention) de 15 M€ et des pertes éventuelles pouvant survenir au-delà de la capacité du traité.

Dans cette optique, la détermination d'un scénario dépassant les --- M€ pourrait laisser suggérer d'un défaut de dimensionnement des couvertures de réassurance pour les événements « conflagration ».

En Conflagration, le coût brut considéré s'élève à ---M€ et le risque est réassuré par un traité en excédent de sinistre par événement.

Eu égard aux résultats du modèle présentés ici, il ressort que le dimensionnement des couvertures de réassurance pour la conflagration semble bien ajusté. A noter toutefois que le scénario calculé est proche de la capacité du traité. Cela incite donc à suivre précisément l'évolution de la souscription notamment pour les risques à fortes valeurs assurées sur la zone de la Défense.

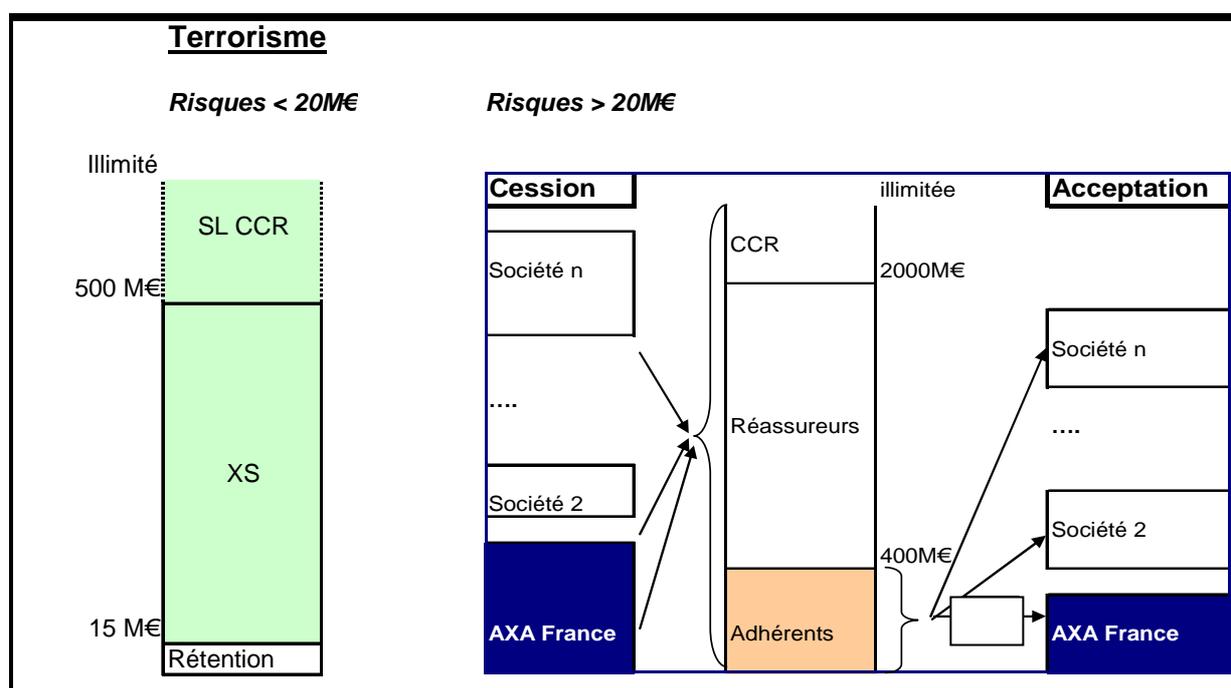


Figure 3-25 : Structures de réassurance 2011 Terrorisme d'AXA France.

En terrorisme, le schéma de réassurance est relativement complexe, comme le montre la figure 3-27, puisque doivent être dissociés :

- les risques lourds (les affaires dont les capitaux assurés sont inférieurs à 20 M€), qui sont cédés par l'ensemble du marché au GAREAT (Gestion de l'Assurance et de la Réassurance des risques Attentats et actes de Terrorisme), réassurés au niveau marché. Le schéma ci-dessus montre que la rétention marché (400 M€) est réallouée aux adhérents selon leur part de participation. Afin de tenir compte de cette structure de pool externe et donc de la perte probable générée par ce risque, le scénario retenu correspond donc au coût net de réassurance, c'est-à-dire à la perte maximale que peut subir AXA France et qui s'élève à --- M€ (part de ---% sur une rétention marché de 400 M€),
- les risques de masse (les affaires dont les capitaux assurés sont supérieurs à 20 M€) : ceux-ci sont réassurés classiquement par un traité en excédent de sinistre par événement, complété d'un Stop Loss CCR (garantie illimitée).

Mathématiquement, la perte maximale brute sur ces risques de masse ne peut être qu'inférieure à la perte mesurée sur l'ensemble des risques (--- M€). Par souci de simplicité, tout en restant conservateur, il est donc décidé de considérer sur le terrorisme risque de masse un coût de scénario brut identique de --- M€ et d'y appliquer les structures de réassurance citées ci-dessus.

### 3.3.2.9. Bilan de l'étude de cas

Les éléments présentés ont été élaborés afin de répondre au mieux aux interrogations formulées en début de partie. En effet, les scénarios envisagés apportent une connaissance nouvelle sur les risques d'explosion qu'ils soient la conséquence d'un acte terroriste ou d'un accident.

A partir de ces informations, cette partie propose une mise en perspective de ces résultats quant à la prise en compte de ces risques dans le calcul du STEC dans le cadre de la directive Solvabilité II.

#### ➤ Terrorisme risque de masse et conflagration

Les structures de réassurance, ainsi que les hypothèses prises pour la construction du modèle, permettent de considérer le même scénario de coût qu'il s'agisse du risque de terrorisme pour la section risque de masse ou de la conflagration.

Rappel des scénarios:

- Scénario 1 « CLIMADEF » :
  - Période de retour : 20 ans
  - Charge dd historique : 4,5M€
  - **Charge revalorisée : 8,0M€**
- Scénario 2 « AZF » :
  - Période de retour : 100 ans
  - Charge dd historique : 115M€
  - **Charge revalorisée : 170 M€**
- Scénario 3 « La Défense » :
  - Période de retour : 200ans
  - **Charge estimée : ----M€**

**Tableau 3-32 : Sinistres maximum probables par période de retour pour le terrorisme risque de masse et conflagration.**

Partie Masquée

Les pertes probabilisées à l'aide d'une loi de distribution sont proches des 3 scénarios de base pour chacune des périodes de retour correspondantes.

Ce générateur est donc dupliqué à l'identique: une fois en péril « Conflagration », une fois en péril « Terrorisme risque de masse ».

➤ Terrorisme risque lourd

Eu égard aux conditions de réassurance, le terrorisme risque lourd est traité séparément. La difficulté, pour paramétrer le système de pool, expliqué ci-avant, dans le modèle général du calcul du STEC, oblige dès maintenant à considérer un coût net de toute réassurance.

❖ Scénario « La Défense » :

- Période de retour : 200 ans
- Coût : ---M€

**Tableau 3-33 : Sinistres maximum probables par période de retour pour le terrorisme risque lourd.**

Partie Masquée

L'ensemble de ces informations constituées de scénarios de pertes probabilisées ont servi de base pour la détermination des lois de distribution pour le terrorisme risque lourd et de masse ainsi que le risque d'explosion accidentelle.

Les éléments détaillés dans cette section ont permis de montrer que le dimensionnement actuel de la couverture de réassurance se révèle être satisfaisant. Néanmoins, le scénario extrême étant proche du plafond de couverture et, son estimation fortement dépendante du montant des capitaux assurés dans la zone, l'évolution de la souscription doit faire l'objet d'une surveillance particulière afin de prévenir tout dépassement de capacité.

Dans un second temps, la méthodologie mise en place a permis de fournir un scénario déterministe du risque d'explosion permettant de compléter la vision de la sinistralité historique autorisant ainsi la détermination de distributions probabilisées de pertes. Ces enseignements ont permis de venir compléter le calcul du STEC 2012 d'AXA France IARD.

Finalement, les éléments présentés dans cette section ont permis de répondre de manière satisfaisante aux besoins exprimés sur le sujet du risque d'explosion. Ici, le recours à l'information géographique se pose comme un moyen pertinent pour répondre à des besoins spécifiques et « opérationnels » du secteur de l'assurance en offrant une perspective nouvelle sur un risque catastrophique qui était jusqu'alors non estimé. Par cette voie, l'assurance étend, d'une certaine manière, son bagage technique ainsi qu'in fine, son savoir-faire en s'adaptant aux spécificités et contraintes liées à l'estimation de certains risques.

## CONCLUSIONS DU TROISIEME CHAPITRE

Ce troisième chapitre est le fruit de l'intégration de l'approche géographique des risques au sein d'une société d'assurance. Il fait état du potentiel de l'information géographique pour accroître la connaissance des risques qu'ils soient d'origines naturelle ou technologique en apportant les premiers éléments de réponse aux besoins exprimés et identifiés à la fin de la première partie de ce manuscrit.

### ○ *De l'angle d'approche « géographique » des risques*

Tout au long de ce chapitre, l'accent a été mis sur la démarche à adopter, les données à utiliser ainsi que la méthodologie à déployer, dans une optique de généralisation des traitements et des procédés.

La section portant sur le retour d'expérience des inondations du Gard en septembre 2002 a fourni des éclairages sur les différents niveaux d'informations apportés par chacune des composantes du risque. La problématique du coût des inondations a montré que des connaissances nouvelles étaient créées à chaque étape de la mise en application de la démarche, même si les données à disposition pour ces travaux n'ont pas suffi à aboutir à l'élaboration de courbes de dommages fiables et in fine, permis l'évaluation ex-ante des dommages concernant l'inondation. L'intérêt premier réside ici en la démonstration que l'emploi des techniques de l'information géographique et de ses technologies, dans des processus métiers, se révèle être un moyen incontournable pour apporter une vision nouvelle et indispensable pour aborder sous un angle pertinent l'analyse de ces risques. Au final, cela permet de repenser et mettre en place de réelles stratégies de leur gestion qu'il s'agisse de l'inondation ou, par extension, de tout autre phénomène à forte composante spatiale.

### ○ *De la disponibilité des données*

Force est de constater que les conclusions habituelles des études portant sur l'évaluation des dommages en France demeurent ici en partie valables. Les tentatives de modélisation via des approches déterministes s'avèrent pertinentes notamment lors de l'étape d'intégration d'un grand nombre de variables en interaction pour l'analyse d'un phénomène complexe. Mais, leurs portées et, pour le risque inondation, leurs aboutissements (pour l'évaluation ex-ante des dommages) s'en trouvent de facto limités par le trop faible nombre d'observations ainsi que par les incertitudes associées au regard de la complexité des phénomènes étudiés.

Ce manque de données s'explique en partie par les coûts informatiques qui restreignent leur nombre au sein du système d'information, les cantonnant bien souvent au strict minimum. En d'autres termes, les informations constitutives de ces bases de données ne sont pas pensées pour répondre aux besoins inhérents à l'étude des risques naturels ou technologiques. L'emploi de ces données dans le cadre de ces travaux relève d'une démarche opportuniste revenant à détourner des informations de leur sens originel. Un des enjeux consiste à passer en revue les informations existantes, saisir leur sens « premier » afin de juger de la possibilité de leur emploi à d'autres fins.

○ *De la qualité des données*

Plus généralement, l'analyse du risque inondation est confrontée aux limites de la donnée sur les aléas. L'opacité régnant sur une certaine partie des informations disponibles, nuit au jugement de la qualité interne. Cependant, le fait qu'elles soient validées par les pouvoirs publics rend l'emploi de ces données plus aisé par une compagnie d'assurance, en renvoyant vers les producteurs la responsabilité de l'état des données en cas de litige ou de désaccord sur les zonages proposées. En outre, cela permet de dégager l'assureur de la lourde tâche de la création du zonage. Le risque en contrepartie étant de s'appuyer sur des données pas totalement maîtrisées et pouvant dépasser, dans certains cas, leur domaine de validité. La qualité externe prend ici un sens prégnant, dans une situation où tout jugement, même d'expert, ne peut qu'inciter à la prudence faute de mieux.

A l'opposé, l'étude de cas présentée sur le risque d'explosion s'est révélée riche d'enseignements. Dès lors que le processus est mené de bout en bout en interne, c'est-à-dire que l'ensemble des données (aléas, enjeux, vulnérabilité) a été façonné pour répondre à des objectifs préalablement définis par les utilisateurs finaux, le déploiement des technologies de l'information géographiques offre un champ d'application vaste et pertinent. En effet, cela permet d'apporter des réponses concrètes à certaines problématiques opérationnelles propres aux métiers de l'assurance. Ces deux exemples (inondation et conflagration), mis en perspective, permettent de souligner l'importance de la maîtrise d'un processus, notamment au niveau de la connaissance précise des limites et imprécisions qui en découlent. Ceci se révèle être un précieux atout facilitant l'acceptation des conclusions et, in fine, les prises de décisions fondées sur ce type d'approche.

○ *De la condition de reproductibilité*

D'une manière générale, le recours à des campagnes « de terrain » visant à compléter les informations présentes en base via des enquêtes, par exemple, n'a pas été retenu. L'objet de ces travaux consiste à trouver des réponses via des procédés reproductibles s'appuyant sur des informations disponibles actuellement dans le système d'information. Ceci étant, des inventaires de variables ont été soumis mentionnant les variables à demander lors de la souscription des affaires pour l'estimation de tel ou tel risque.

○ *Des contraintes informatiques*

Un des points limitant ces développements, dans une optique d'industrialisation des processus, concerne les freins voire les levées de boucliers auxquelles l'on se retrouve confronté, lorsqu'une évolution du système d'information est évoquée. Une simple évolution nécessite l'allocation d'un budget de plusieurs centaines de « jour homme ». En conséquence, les évolutions telles qu'elles sont imaginées et voulues sont, systématiquement (et dans le meilleur des cas), réduites à leur expression minimale freinant ainsi les velléités allant en ce sens. Par exemple, la vérification des adresses n'est réalisée que lors de leurs saisies (donc en affaire nouvelle) et uniquement sur les agglomérations de plus de dix milles habitants. L'extension de ce seuil à toutes les communes ou a minima, aux agglomérations de plus de 5 000 habitants, pose a priori des contraintes informatiques fortes non encore levées aujourd'hui. Ceci a pour but d'apporter un éclairage sur les rouages internes dont l'ajout de pièces supplémentaires ne s'avère pas chose aisée et implique la mise en œuvre de moyens lourds.

○ *A l'apport pour une société d'assurance*

Ce troisième chapitre illustre, par des exemples concrets, en quoi la création de connaissances nouvelles par le biais de l'emploi de l'information géographique, de ses outils et méthodes associés permet d'apporter une vision analytique complémentaire à la vision statistique propre au secteur de l'assurance. Il ressort que l'adoption de l'angle géographique pour appréhender les risques s'impose comme une alternative pertinente pour répondre à une partie des besoins des assureurs. Les divers exemples pris permettent de sensibiliser concrètement les professionnels du secteur sur de multiples thématiques, que ce soit pour la surveillance du portefeuille, le risque de souscription, le positionnement d'un portefeuille d'assurés d'une compagnie d'assurance par rapport au reste du marché, l'amélioration de la connaissance des risques auxquels un assureur est soumis, l'apport d'éléments pour l'analyse des couvertures de réassurance ainsi que la réponse apportée à des exigences de solvabilité.

Il est donc fait état des enjeux de l'intégration de l'information géographique aux portefeuilles de compétences de l'actuaire ainsi que de la valeur ajoutée inhérente à son introduction dans les analyses statistiques classiques. Bien entendu, ces techniques ne constituent pas à elles seules une solution parfaite à tous les maux des professionnels de l'assurance. Les limites et hypothèses relatives à chaque étape de la mise en place de ce type d'approche conditionnent les résultats de chacune des analyses et doivent peser sur les décisions prises sur la base des résultats obtenus par l'emploi de ce type d'approche.

Nonobstant ces premiers éléments de réponse, la réalisation du module de vulnérabilité pour la détermination du risque inondation se révèle limitée par manque de données. En conséquence, l'évaluation ex-ante du coût d'événements d'ampleur comme les inondations reste globale alors que les besoins sur ce risque nécessitent une vision plus détaillée. Dans cette optique, le chapitre suivant propose la mise en place d'une approche segmentée du risque financier par catégorie de bien combinant à la fois les approches actuarielles utilisées pour la tarification et des facteurs de nature géographique. L'idée étant d'utiliser au mieux les informations disponibles dans les bases de données assureurs pour répondre aux limites rencontrées dans ce chapitre. Cela revient à concevoir le modèle d'endommagement le plus fin possible autorisant l'estimation de pertes potentielles, tout en répondant aux exigences de l'assurance ainsi qu'au souci de synthèse propre aux approches géographiques.

---

# **CHAPITRE 4 :**

## **VERS UNE DEMARCHE DE MODELISATION DES RISQUES POUR LE SECTEUR DE L'ASSURANCE**

Le chapitre quatre propose une démarche de modélisation des risques permettant de palier les difficultés rencontrées dans le chapitre précédent, à savoir le manque d'informations et de caractéristiques sur les biens assurés. Ce chapitre présente une solution alternative permettant d'estimer le risque financier généré par un aléa lorsque l'élaboration de courbes de dommage ne permet pas de satisfaire les attentes des professionnels de l'assurance. La première section détaille la démarche ainsi que les rouages de la conception du module de vulnérabilité. La seconde moitié de ce chapitre présente deux études de cas sur les risques naturels, l'une concernant le risque inondation et l'autre, le risque de retrait gonflement des sols argileux. Le choix des cas d'études est dicté par le risque majeur que constitue l'inondation pour l'assurance et par la chronologie du « déroulement » des sinistres liés à la sécheresse géotechnique induisant des contraintes quant au provisionnement technique de ce risque.

### **4.1. PHILOSOPHIE**

Modéliser les risques pour le secteur de l'assurance nécessite de répondre à des critères bien spécifiques en termes de fréquence et d'intensité de l'événement analysé et également, de fournir des estimations associées de la prime pure de ce risque ainsi que du nombre de lieux de risque sinistrés. La réalisation de tels modèles déterministes, via des approches extraites de la géographie des risques, apporte des éléments de réponses pertinents pour l'assureur. L'emploi de données issues d'événements historiques permet de réitérer ces phénomènes et autorise ainsi d'estimer les pertes potentielles si un tel scénario se produisait à nouveau. Cependant, cette démarche ne permet pas, dans certains cas, de répondre aux besoins exprimés par la profession. La partie précédente s'est attachée à montrer que l'élément majeur limitant leur développement est constitué par l'élaboration des fonctions de dommage. En effet, cette étape requiert l'élaboration de classes d'enjeux ayant des comportements homogènes vis-à-vis d'un aléa et donc d'informations très précises indisponibles, si ce n'est par le biais d'enquête de terrain.

Fort de l'expérience des pratiques actuarielles liées à la réalisation de ces travaux au sein du service d'actuariat réassurance de la direction de marché IARD, l'idée ici consiste à s'engager

dans une voie de prospective visant à combiner les informations issues du recours aux technologies de l'information géographique avec celles issues des modèles statistiques propres aux assureurs afin de palier à la fois les carences des approches développées par la communauté de la géographie des risques (limitées à réaliser le croisement aléa et enjeux) et celles propres aux modèles commerciaux évoqués tels AIR, RMS et EQECAT.

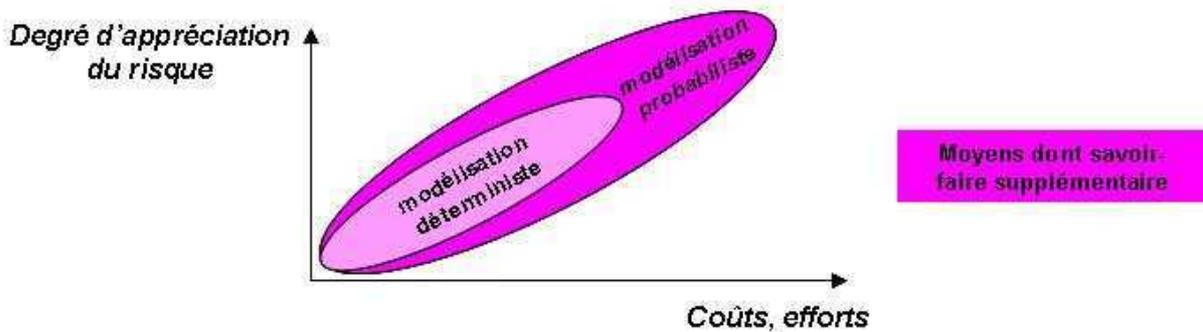


Figure 4-1 : Modélisation déterministe VS modélisation probabiliste des risques naturels (Chemitte, 2009).

Cependant, la réalisation de tels modèles se confronte systématiquement à la réalité, de la disponibilité des données aux avancées techniques en passant par le savoir-faire du modélisateur. Lever tout ou partie des limites rencontrées jusqu'alors et inhérentes à la fois aux approches « géographique » et « assureur » requiert de s'intéresser aux possibilités offertes par la voie de leurs complémentarités pour apporter des éléments de réponse à la problématique de recherche de ce présent document.

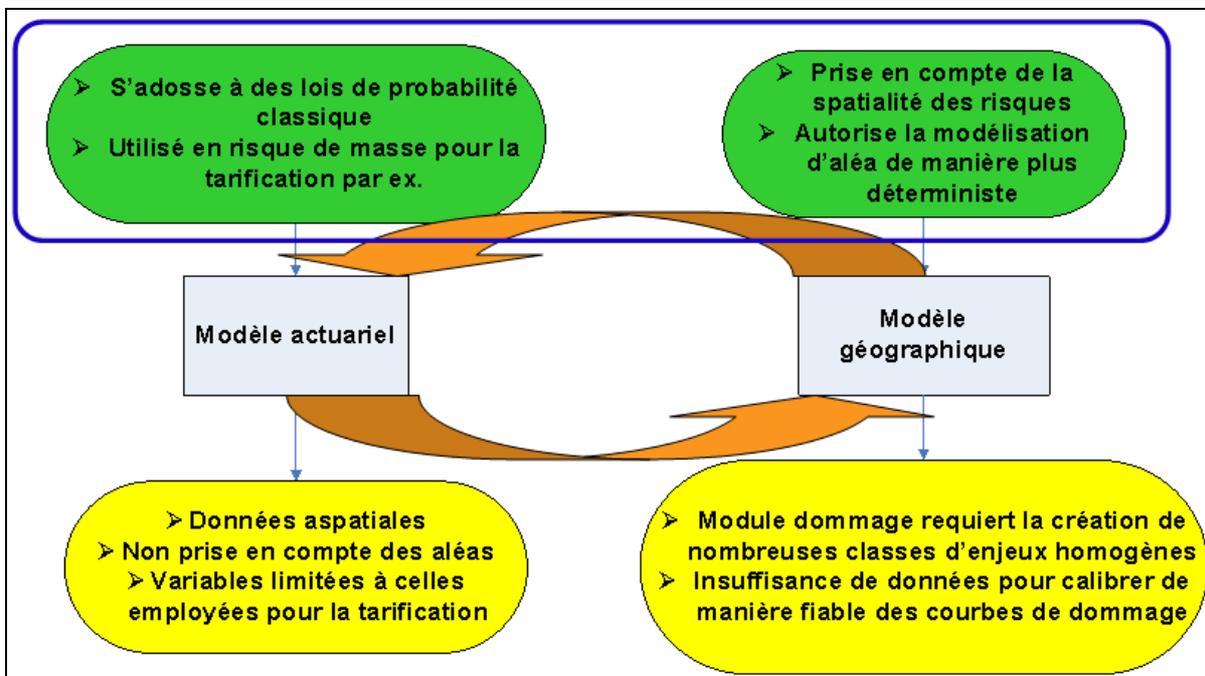


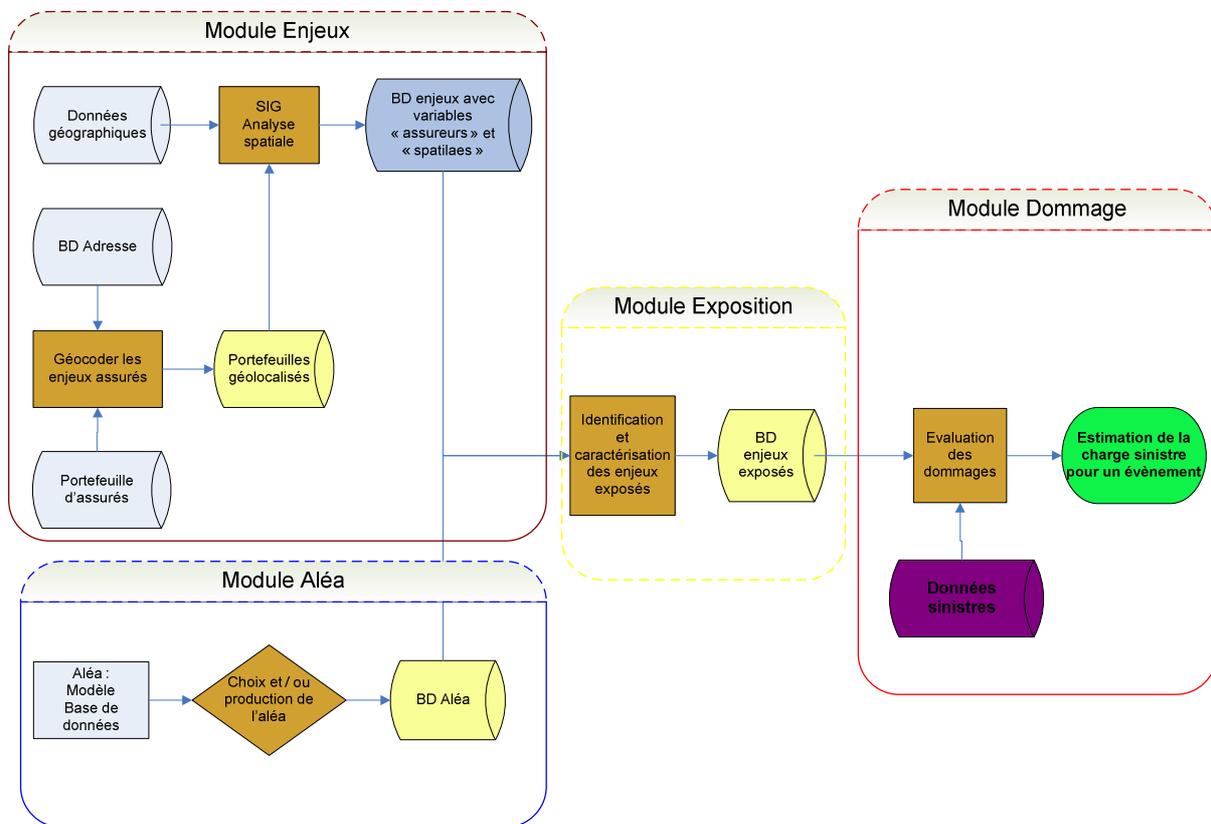
Figure 4-2 : Vers une démarche pour l'élaboration d'un modèle de risque pour les assurances.

La figure 4-2 permet de synthétiser les apports des approches assureurs et géographiques. De cette figure, se dégagent les avantages et limites de chacune d'elles et permet aux lecteurs de saisir la philosophie dans laquelle s'inscrit notre démarche. L'objet consiste donc à réunir ces deux démarches en une seule permettant de répondre aux besoins énoncés par la profession dans une optique de reproductibilité.

Ceci implique nécessairement d'employer des données disponibles sur le territoire national que ce soit pour la détermination de l'aléa et de ses propriétés intrinsèques ou soit pour la répartition des enjeux en classe homogènes de vulnérabilité. L'idée étant de s'adosser à des lois et tests statistiques pour extraire le maximum d'informations et de connaissances des données à disposition.

## 4.2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE

Le recours aux technologies de l'information se pose comme une condition sine qua non à la prise en compte de la spatialité des aléas, des lieux de risque ainsi que pour la prise en compte des facteurs d'exposition contribuant à la segmentation, dans son ensemble, du portefeuille d'assurés en classes homogènes d'enjeux face à un risque donné.



**Figure 4-3 : Approche « métier » pour la modélisation de l'exposition d'un portefeuille d'assurés face à un risque catastrophique.**

La figure ci-dessus présente la démarche générale permettant d'appréhender les risques, de les modéliser pour répondre aux besoins actuels des métiers de l'assurance. Cette démarche s'articule en deux phases :

- La phase de préparation des données concerne à la fois :
  - Le module aléa qui permet de définir les scénarios à considérer ainsi que leurs caractéristiques intrinsèques des aléas permettant de déterminer leur intensité,
  - Le module enjeux qui permet de constituer le portefeuille d'assurés enrichi des variables à caractère géographique.
  
- La phase d'analyse des données comprend à la fois :
  - Le module exposition qui permet de déterminer les éléments exposés constitutifs du portefeuille d'assurés par croisement entre le portefeuille géolocalisé et l'information aléa,
  - Le module dommage qui permet de lier l'intensité locale de l'aléa avec le type d'enjeux exposés pour définir le montant du dommage escompté.

En dernier lieu, il faut préciser l'intégration possible d'un module de perte assurée qui consisterait à prendre en compte les conditions des contrats (prime, franchise, etc.) afin d'estimer le montant des pertes escomptées pour chaque enjeu avant de les agréger par portefeuille. Il devient alors possible de définir les pertes par rapport aux conditions de gestion associées (franchises, plafond de garanties, conditions de réassurance, etc.).

La pertinence globale de cette démarche est conditionnée par la précision de chacun des processus constitutifs de ces quatre modules. De par le caractère imbriqué de cette approche, il apparaît que les imprécisions ou erreurs réalisées dans les premières étapes se propageront tout le long de chaque traitement. Il convient donc de les éliminer au maximum et le cas échéant, de bien garder à l'esprit chacune des limites, qu'elles soient inhérentes aux hypothèses de travail ou sous-jacentes à la nature de l'information ou de la donnée traitées.

La mise en place d'une telle démarche n'est pas exempte de difficultés et requiert pour sa mise en place la réunion d'une multitude d'informations. Outre les aspects purement techniques comme le géocodage du portefeuille, la prise de décision quant au déclenchement de la modélisation en elle-même relève d'un processus décisionnel bien souvent descendant dont les principaux acteurs n'ont pas forcément à l'esprit les possibilités ou non de cette approche. Par conséquent, une pré-analyse doit être réalisée afin de mettre en adéquation la demande en termes de résultats avec les possibilités techniques/théoriques ainsi que les coûts de ces traitements (temps de traitements, coût d'acquisition des données, ressources informatiques...).

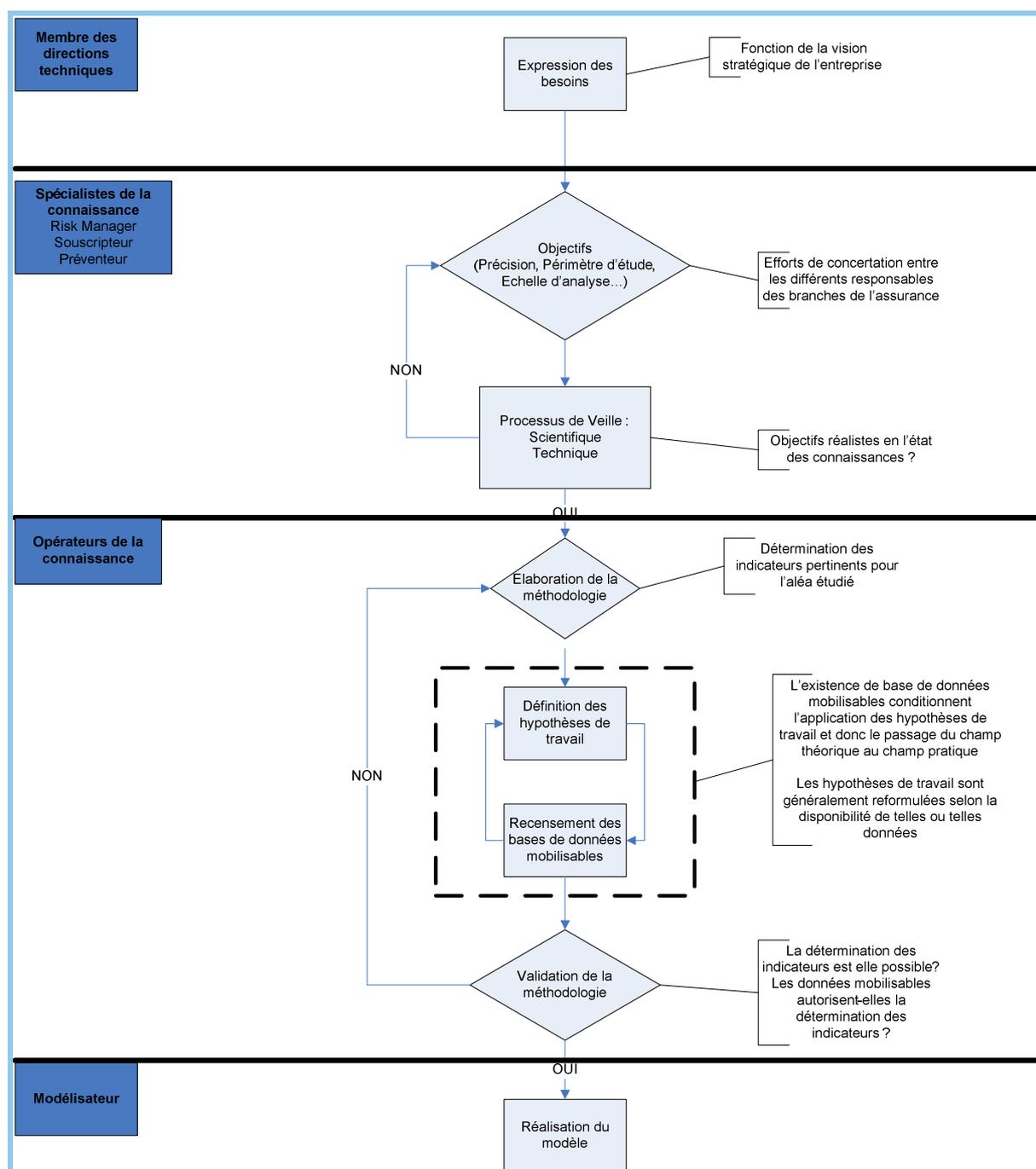


Figure 4-4 : Schéma du processus décisionnel menant au déclenchement de la modélisation.

Cette figure synthétise le processus décisionnel jalonnant le parcours de l'expression des besoins au déclenchement de la modélisation. De la vision stratégique de l'entreprise et plus particulièrement de la volonté affichée des responsables de secteur, découlent des besoins inhérents à une prise de position sur des activités ou marchés novateurs.

La première étape consiste donc en la détermination des objectifs : quel est le but recherché, quelles sont les informations attendues, quel est le degré de précision souhaité, sur quel périmètre... Autant de questions auxquelles il faut répondre clairement avant de déclencher le processus de veille scientifique. La connaissance claire et objective des besoins est un

impératif à tout processus de veilles scientifique et technique afin d'apporter des éléments fiables quant à la faisabilité sur le plan opérationnel de la modélisation. En particulier, une des questions à laquelle doit répondre le processus de veille est la suivante : « l'état des connaissances permet-il de répondre pleinement aux objectifs? »

En cas de réponse négative, la redéfinition des objectifs s'avère être un passage obligatoire, en accord avec l'avancée des connaissances et/ou des coûts (logiciel, données...) et des délais (temps de traitement, tests...) inhérents à la réalisation du projet.

Ensuite, vient l'étape d'élaboration de la méthodologie à proprement parler qui consiste à la formalisation des indicateurs et en l'identification des valeurs à suivre (section « opérateur de la connaissance dans la figure 4-4). En effet, la réponse aux questions exprimées au niveau des besoins fonctionnels nécessite d'étudier précisément les indicateurs que l'on souhaite mettre en place (indicateur d'exposition par exemple), la manière avec laquelle on veut les suivre (vision par contrat, agrégation par territoires géographiques comme un bassin de vie ou un bassin versant, par unités administratives) et la mise en place de seuils d'alerte ou de surveillance (souscription limitée à un certain montant de capitaux assurés, à un nombre de contrats restreints).

La formalisation des indicateurs fait l'objet d'un processus itératif avec les étapes de « Recensement des Bases de Données Mobilisables » et la « Définition des Hypothèses de Travail ».

L'étape de « Définition des Hypothèses de Travail » s'avère en effet directement liée à l'existence de bases de données dont la couverture est nationale. Des questions surviennent à ce niveau notamment sur l'homogénéité de telles données, leurs champs d'applicabilité ainsi que leurs limites de validité. Le choix de recourir à telle ou telle donnée pour la réalisation de prototypes exploratoires requiert la formulation d'un certain nombre d'hypothèses.

L'étape de « Recensement des Bases de Données Mobilisables » permet de déterminer clairement les attentes en termes d'analyse.

Concernant les données, celles-ci peuvent être de natures différentes soit géographiques par nature (zonage de l'aléa par exemple) soit géographiques par destination (qualification des enjeux par exemple) ; les unes servant à la localisation et/ou la représentation géométrique des éléments étudiés (enjeux et environnements) et, les autres, permettant de qualifier, de quantifier et/ou de décrire chaque enjeu ainsi représenté et localisé sous forme de données attributaires aux formats textuel et/ou numérique.

A ce stade, il apparaît clairement que certaines hypothèses vont devoir être adaptées afin de tenir compte de ces contraintes notamment au niveau de la disponibilité et de la qualité des données pour bâtir le modèle.

Dès lors que les indicateurs ont été identifiés et formalisés, les différentes hypothèses de travail explicitées et l'ensemble des données mobilisables recensées, vient l'étape d'organisation de ce panel de connaissances. A ce niveau se dégage un effort de conceptualisation de cet ensemble de données et indicateurs nécessaire à l'homogénéisation d'un tel procédé.

Dans une optique d'analyse des risques par exposition, les différentes dimensions de cette analyse se fondent sur ce qui a été présenté précédemment. Finalement, cette démarche s'inspire largement de l'approche utilisée en géographie des risques. Seul le module dommage a été revu et adapté afin de se dégager des contraintes et limites rencontrées dans le chapitre

précédent pour l'estimation du risque inondation. En conséquence, la partie suivante est consacrée entièrement à ce module dommage.

### 4.3. METHODOLOGIE DU MODULE DOMMAGE

La construction du module de dommage vise à rechercher la combinaison optimale des variables qui caractérisent le risque. Ensuite et sur la base de ces variables, l'objectif consiste à modéliser la probabilité d'occurrence d'un sinistre et le coût moyen du sinistre escompté pour chaque assuré.

La partie suivante vise à éclairer sur les méthodes de sélection des variables, leurs hiérarchisations, la formulation des hypothèses sur les lois modélisant le risque, le calcul des meilleurs estimateurs du modèle et les méthodes de validation des résultats.

Le cadre statistique est l'utilisation des Modèles Linéaires Généralisés (MLG) (Nelder and Wedderburn, 1972). Ces modèles sont couramment utilisés en tarification des risques IARD. Une des raisons à cela réside certainement dans leur adaptabilité quasi parfaite à tout type de données, que ce soit à des fins de modélisation des phénomènes à valeurs discrètes telles que la fréquence de sinistre ou des phénomènes à valeurs continues telles que le coût des sinistres.

Dans cette section, les traitements réalisés via le logiciel de statistique SAS complété de l'extension SAS Stat, sont présentés. Cette étude est l'occasion d'envisager une modélisation séparée de la fréquence et du coût des sinistres. L'avantage statistique de cette démarche est de pouvoir plus facilement associer à chacune de ces composantes une loi de probabilité classique, alors qu'il est plus difficile d'adosser une loi usuelle à la prime pure.

Lorsqu'on cherche à expliquer une variable  $Y$  par un ensemble de variables  $X_1, \dots, X_p$ , le modèle linéaire classique possède l'avantage d'être facilement mis en œuvre. Son principal inconvénient est qu'il suppose que la variable à expliquer ait une distribution gaussienne. Le modèle linéaire généralisé est une extension du modèle linéaire classique qui permet de modéliser des phénomènes dont la distribution n'est pas gaussienne.

Le modèle linéaire généralisé consiste à exprimer, par un prédicateur linéaire  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$ , l'influence des variables  $(X_1, X_2, \dots, X_p)$  sur une fonction (appelée fonction lien  $g$ ) de l'espérance ( $E$ ) de  $Y$ . Cette expression prend la forme suivante :

$$g(E(Y)) = \beta_0 + \beta_1 \times x_1 + \dots + \beta_p \times x_p$$

D'une manière générale, la construction de ces modèles s'effectue selon un processus organisé en trois phases successives :

- Le choix du modèle :
  - les variables explicatives  $X_1, \dots, X_p$ .
  - la variable à expliquer Y.
  - la loi de probabilité de Y.
  - la fonction lien g.
- L'estimation des coefficients de la régression,
- La validation du modèle :
  - S'assurer de la cohérence des coefficients calculés,
  - Examiner les écarts entre les prédictions du modèle et les valeurs observées, dans chaque case tarifaire ou sur des populations plus vastes.

### 4.3.1. La variable à expliquer

On s'intéresse à la charge de sinistre X suite à l'occurrence d'un événement donné. Cette charge correspond à l'agrégation de tous les sinistres pris individuellement  $X=Y_1+Y_2+\dots+Y_N$  où N est le nombre aléatoire de sinistres pour l'événement en question et où  $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  sont les montants aléatoires des sinistres successifs.

En supposant que :

- les variables  $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  sont des variables indépendantes,
- leur distribution commune ne dépend pas de N.

Alors :

$$E(X) = E(N) \times E(Y)$$

$$\text{charge sinistre} = \text{fréquence} \times \text{coût moyen}$$

Le coût moyen s'entend ici comme le coût moyen par catégorie identique d'assurés selon les catégories obtenues par la segmentation dont la méthode de sélection est explicitée ci-après.

L'intérêt ici revient, plutôt qu'à estimer directement le coût du sinistre, à modéliser séparément la fréquence et le coût moyen des sinistres.

Le recours à cette décomposition fréquence-coût réside dans le fait que ces deux variables ont des lois de distribution usuelles, alors qu'il s'avère très délicat, au regard de l'ensemble des travaux, d'adosser à l'estimation de la sinistralité une loi unique de distribution usuelle.

En outre, un des intérêts majeurs à ces approches concerne la possibilité laissée au modélisateur de distinguer les combinaisons des variables explicatives de la fréquence de celles qui expliquent le coût des sinistres. In fine, cela revient à mener une double analyse séparée de ces deux composantes de la sinistralité.

### 4.3.2. Le choix des variables explicatives

Le principal handicap de l'analyse de variance est qu'elle repose sur l'hypothèse de normalité des résidus, ce qui est loin d'être le cas de par la nature même de la variable à expliquer. Le recours aux MLG permet de se dégager de cette contrainte.

Le MLG généralise la notion de « part de variance expliquée par un modèle » ou « $R^2$  » utilisée en analyse de variance et fournit des méthodes qui permettent de rechercher une combinaison optimale de variables explicatives. Dans le cadre du modèle linéaire classique, l'adéquation du modèle aux données s'effectue grâce au  $R^2$  qui mesure la part de variance expliquée par le modèle. Dans le cadre plus général du MLG on définit la notion de déviance.

L'analyse de déviance recouvre un ensemble de tests et d'estimations destiné à apprécier l'effet de variables qualitatives sur une variable numérique. Cette technique d'analyse permet d'examiner le poids de chacune des variables explicatives sur les variables de sinistralité, à savoir la fréquence et le coût moyen des sinistres afin d'en extraire la combinaison optimale de variables ayant le pouvoir explicatif le plus important.

Le principal critère d'efficacité d'un modèle est la déviance standardisée qui mesure la part de déviance générée par une variable lorsqu'elle est introduite dans le modèle. Plus cette part est faible, plus la variable est explicative.

En complément, un test de significativité de la variable X est réalisé à l'aide de la statistique de Fisher.

La sélection des variables a été effectuée par une méthode de type *stepwise*. Cette méthode vise à chercher d'abord la variable la plus significative. Cela revient à incorporer les variables une à une dans le modèle afin d'identifier celle qui explique le mieux le modèle. Puis, une fois la première variable identifiée, on cherche ensuite la deuxième variable qui, associée à la première, explique le mieux la sinistralité et ainsi de suite. Il s'agit d'un processus itératif qui prend fin à l'épuisement des variables.

En pratique, il convient de débiter le modèle avec la variable explicative qui possède la déviance la plus faible puis d'intégrer successivement la variable faisant le plus diminuer la valeur de déviance. A noter qu'après chaque introduction d'une nouvelle variable, un test de significativité (Fischer) est réalisé afin de s'assurer de ne pas introduire dans le modèle des variables non significatives mais également de ne pas conserver dans le modèle des variables qui ne seraient plus significatives après l'introduction de nouvelles variables.

### **4.3.3. Le choix du nombre de variables explicatives**

D'une manière générale, l'envie à laquelle aspire le modélisateur consiste à obtenir le modèle qui permet de réaliser l'estimation la plus proche possible des valeurs observées. L'incorporation massive de variables explicatives dans un modèle linéaire généralisé permet de rendre l'ajustement proche de la réalité jusqu'à la reproduire lorsque le nombre de paramètres correspond au nombre d'observations. Dans ce cas, il ne s'agit plus d'un modèle mais d'un simple duplicata de l'observé. A l'inverse, l'élaboration d'un modèle ne comportant qu'une unique variable constante ne générera aucun intérêt puisque toutes les estimations seront identiques. L'objectif revient à se positionner entre un nombre de variables ni trop élevé ni trop faible permettant au modèle de bien segmenter les données tout en évitant d'inclure des variables inutiles.

Dans cette optique, la hiérarchisation des variables autorise ainsi, pour un niveau de segmentation défini, de retenir les variables explicatives les plus intéressantes.

### **4.3.4. Le choix de la fonction lien**

La troisième composante d'un modèle linéaire généralisé est le lien entre la composante aléatoire et la composante déterministe. Il spécifie comment l'espérance mathématique de  $Y$  est liée au prédicteur linéaire construit à partir des variables explicatives.

Le choix s'effectue entre un modèle additif, pour lequel le risque est modélisé par une somme d'effets explicatifs, et un modèle multiplicatif, pour lequel le risque est modélisé par un produit d'effets explicatifs.

Clairement dans le cadre de ces travaux portant sur l'estimation d'une charge sinistre, une structure multiplicative s'impose notamment en raison de la positivité des résultats attendus. En effet, les modèles additifs peuvent estimer une charge sinistre négative.

Concernant cette partie et eu égard aux résultats escomptés, le choix de la fonction de lien peut, d'ores et déjà, être arrêté. Dans le cadre d'une modélisation nécessairement additive de  $g(E(Y))$ , le choix de la fonction lien « log » permet de facto de transformer par inversion les effets additifs en effets multiplicatifs.  $\text{Log}(E(Y))$  se transforme par inversion de la fonction log (donc fonction exponentielle), en effets multiplicatifs pour  $E(Y)$ .

Ici, la fonction « log » permet de répondre au besoin d'obtenir au final un modèle multiplicatif.

### **4.3.5. Le choix d'une loi de probabilité de réponse Y**

L'application du MLG nécessite le choix d'une loi de distribution de la variable à expliquer. Comme il vient d'être vu, la loi de probabilité de la réponse doit appartenir à la famille exponentielle. Seules certaines lois appartiennent à cette famille, notamment la loi normale, la loi Gamma, la loi inverse-gaussienne, la loi binomiale, la loi binomiale négative et la loi de Poisson.

Différents tests doivent donc être menés afin de déterminer la loi qui s'ajuste le mieux aux données à savoir celle qui minimise le plus la déviance.

### **4.3.6. L'estimation des coefficients de la régression**

Dans le cadre du modèle linéaire classique, les coefficients de régression sont obtenus par la méthode des moindres carrés, qui consiste à minimiser la somme des erreurs aux carrés.

En ce qui concerne les MLG, les paramètres sont estimés par maximum de vraisemblance. Les équations du maximum de vraisemblance n'ont pas de solution analytique et sont résolues de manière itérative grâce à l'algorithme de Newton-Raphson. De manière schématique, chaque étape de l'algorithme de Newton Raphson est constituée par un ajustement de type des moindres carrés pondérés. Il s'agit d'une généralisation des moindres carrés ordinaires qui prend en compte la non-constance de la variance de Y dans les modèles. Les observations recueillies en des points où la variabilité est plus faible sont affectées d'un poids plus important dans la détermination des paramètres.

Il faut noter que les logiciels usuels ne demandent pas à l'utilisateur de préciser les conditions initiales.

### **4.3.7. La validation du modèle**

La validation du modèle se réalise en deux temps. Le premier concerne la vérification des hypothèses concernant les résidus du modèle, notamment les résidus de Pearson standardisés observés. Ils doivent être caractérisés par une espérance proche de 0 et une variance approximativement constante.

Dans la pratique, cela revient à construire le nuage des résidus, en plaçant en ordonnée les résidus et en abscisse les différentes variables explicatives ordonnées par ordre croissant selon leur significativité. A partir de là, l'hypothèse d'espérance nulle se vérifie par la proximité des résidus de l'axe des abscisses. L'hypothèse « variance constante » s'apprécie, quant à elle, par la forme du nuage des résidus qui doit impérativement être quelconque.

La seconde étape vise à mesurer la qualité du modèle en comparant, dans chaque type d'observations (selon la segmentation opérée par les variables du modèle), les fréquences et

coûts moyens calculés avec les fréquences et coûts moyens observés. Si les estimations sont proches des observations, le modèle peut alors être considéré comme acceptable.

La précision de l'estimation se mesure également par les résidus de Pearson. On estime asymptotiquement que ces résidus suivent une distribution normale  $N(0,1)$ . Ainsi un résidu de Pearson supérieur à 1,96 en valeur absolue indique une observation critique.

Cela étant, il faut garder à l'esprit que cela s'avère applicable lorsque le modèle est bâti avec un faible nombre de variables explicatives. L'objectif recherché de tout modèle étant d'approcher des valeurs observées via un nombre de paramètres mesurables ou disponibles le plus restreint possible, c'est à dire de réaliser le compromis entre le bon ajustement et un nombre faible et déterminable de paramètres.

### 4.3.8. Construction d'un intervalle de confiance

En dernier point, construire un intervalle de confiance doit permettre d'apprécier l'importance de l'écart entre les observations et les estimations faites par le modèle. Dans cette optique, un moyen consiste à considérer un intervalle de confiance autour de l'observation et à regarder si le résultat de la modélisation est compris dans cet intervalle de confiance.

Soit  $X$  la charge de sinistres observée par un assuré pour un événement donné, où  $N$  est la probabilité d'être touché par l'événement, c'est-à-dire de subir un sinistre et  $Y$  coût aléatoire de ce sinistre.

L'espérance de la charge sinistre est :

$$E(X) = E(N) * E(Y)$$

Et la variance :

$$V(X) = \text{Var}(N) * C^2 + E(N) * \text{Var}(Y)$$

Avec :

$C^2$  = Carré du coût moyen des sinistres

$\text{Var}(Y)$  = Variance de la charge sinistre

$E(N)$  = Espérance de la probabilité d'être sinistré

$\text{Var}(N)$  = Variance de la probabilité d'être sinistré

Le nombre de sinistres  $N$  suit une loi de Poisson de paramètres :  $E(N) = \text{Var}(N)$

Dans le cadre, où l'événement concerne  $n$  assurés, donc de  $n$  réalisations de la variable  $X$ , l'intervalle de confiance autour du coût moyen du sinistre avéré peut s'écrire :

$$IC_{95\%} = \left[ E(X) - \frac{1.96\sigma(X)}{\sqrt{n}} ; E(X) + \frac{1.96\sigma(X)}{\sqrt{n}} \right]$$

Après avoir parcouru la méthode sur laquelle se fonde le module de vulnérabilité, la prochaine partie s'attache à démontrer son application sur un exemple concret afin de juger tout d'abord de sa faisabilité, puis de la pertinence des résultats obtenus.

#### 4.4. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE INONDATION

La démarche de modélisation proposée sur ce cas se fonde sur l'ensemble des éléments présentés jusqu'alors. Les éléments de description des besoins d'une société d'assurance proviennent de ce qui a été exprimé par les multiples intervenants au niveau de chaque maillon de la chaîne de valeur assurantielle (souscription, réassurance, direction technique, gestion de sinistres). A titre d'exemple, le tableau 4-1 reprend l'exemple des quelques indicateurs qu'il serait pertinent d'identifier pour améliorer la connaissance du risque.

**Tableau 4-1 : Exemple de quelques indicateurs intéressants pour améliorer la connaissance du risque.**

Critères d'évaluation des portefeuilles	Variable associée
Zones de forts cumuls d'assurés tant en nombre qu'en capitaux assurés dans l'absolu ou par rapport au marché	Localisation des concentrations de plusieurs lieux de risques dans une même zone d'aléa ou bien un lieu de risque ayant un montant financier important.
Montant des dommages potentiels par scénario	Somme des montants de dommages occasionnés par la réalisation d'un aléa donné. A un scénario correspond une période de retour
Rentabilité	Rapport entre la somme des montants des sinistres passés et des primes acquises
Segmentation suivant l'organisation de l'entreprise : type de portefeuille (MRH, MRE, etc.), type de bien assuré, sectorisation géographique de l'entreprise	Calculs des montants par type de portefeuille, par type de bien et par secteur géographique
Vue de synthèse sur l'ensemble de la France, sur l'ensemble des portefeuilles	Agrégation pour consolider une vue globale de l'exposition financière des engagements
Comparaison dans le temps et dans l'espace des indicateurs	Comptabilisation des indicateurs par année ou sur une période d'analyse pour comparer la situation dans le temps

### 4.4.1. La réalisation du modèle

Le point de départ du modèle correspond ici au module vulnérabilité puisque les étapes en amont (comme la géolocalisation) ont fait l'objet d'un développement dans le troisième chapitre. Il est donc considéré que toutes ces étapes sont parfaitement identiques.

L'objectif consiste donc ici en la réalisation d'un modèle d'estimation du coût des sinistres survenus lors des inondations des 9 et 10 septembre 2002 dans le département du Gard. L'événement générateur fut l'épisode pluviométrique du 9 septembre d'une intensité telle qu'il provoqua des cumuls pluviométriques atteignant, par endroit, 600 mm d'eau. Ces inondations font partie de la famille des crues éclair.

Comme évoqué précédemment, la phase de modélisation débute par le choix du modèle.

#### 4.4.1.1. Les variables explicatives

Les variables explicatives peuvent être classées en trois catégories à savoir :

- Les variables présentes dans les bases de données d'AXA France :
  - le type d'habitation (Maisons, Appartement en rez-de-chaussée, Appartement hors rez-de-chaussée),
  - le nombre de pièces,
  - le type d'occupant (occupant ou non occupant),
  - la qualité de l'occupant (propriétaire ou locataire).
- Les variables « inondation » :
  - la distance au cours d'eau,
  - la distance à la zone inondable,
  - la hauteur d'eau.
- Les variables géographiques :
  - la pente locale,
  - le type d'occupation du sol,
  - le flux d'accumulation local.

La sélection des variables se fait selon la méthode stepwise. La construction des groupes de mêmes caractéristiques est réalisée par le croisement de toutes ces variables.

Deux analyses de déviance ont été effectuées en parallèle, l'une pour expliquer la fréquence, et, l'autre, pour expliquer le coût des sinistres. Cette démarche, qui consiste à expliquer séparément la fréquence et le coût moyen plutôt que directement la prime pure, a l'avantage

de distinguer les variables explicatives de la fréquence des variables explicatives du coût moyen.

Eu égard au nombre important de variables, seuls les effets simples des variables ont été analysés afin de ne pas introduire une segmentation trop vaste engendrant des classes dépourvues d'observations.

L'analyse de variance a des limites. Par exemple la variable qualité de l'occupant (propriétaire ou locataire) s'avère a priori défavorisée puisqu'elle tend à être considérée comme quasi-unimodale. En effet, la valeur la plus répandue est celle d'occupant. Ainsi lors de la modélisation, une large majorité des cases tarifaires va être affublée d'une même estimation ce qui diminue de facto la déviance du modèle.

Cependant, ces variables n'en demeurent pas moins intéressantes afin de segmenter des classes que d'autres variables ne peuvent cibler et apportent, en conséquence, des informations qui n'en sont pas moins intéressantes. Par exemple, une maison inoccupée peut à la fois contenir moins d'objets de valeur, avoir ses réseaux d'eau de gaz ou d'électricité fermés. En contrepartie, la présence de personnes dans une maison peut permettre, sous certaines conditions, la réalisation d'actions de mise en sécurité comme le déplacement de mobiliers, ... de tout un ensemble de mesures dont la mise en place ne se fait, généralement, que face à une situation de crise imminente.

Ensuite, il faut préciser que l'ensemble des modalités des variables a été reclassé en catégories les plus homogènes possibles du point de vue du nombre d'observations. Une étape de reclassification a donc été nécessaire afin de mettre sur un plan d'égalité les différentes variables qu'elles soient de natures quantitative ou qualitative.

La réalisation de ce modèle se fait via l'application d'un modèle log-poisson (c'est-à-dire dont la loi de probabilité de  $Y$  est la loi de Poisson et la fonction de lien  $g$  est la fonction logarithme) pour modéliser aussi bien la fréquence que le coût moyen des sinistres. Ces choix font l'objet d'une justification ultérieure.

- Le modèle de fréquence

Les variables ci-dessous sont successivement introduites dans le modèle :

- 
- 1. Habit
  - 2. Ho2
  - 3. Piecs
  - 4. Mtcapass
  - 5. Pente
  - 6. Clcf
  - 7. Qualo
  - 8. Zi
  - 9. Flowacc
  - 10. Qualp
  - 11. Dstce cours d'eau
  - 12. Dstce ZI

Parmi ces variables, seules deux (distance au cours d'eau et distance à la zone inondable) sont rejetées par le test de significativité de Fischer. Ces variables semblaient, a priori, discriminantes.

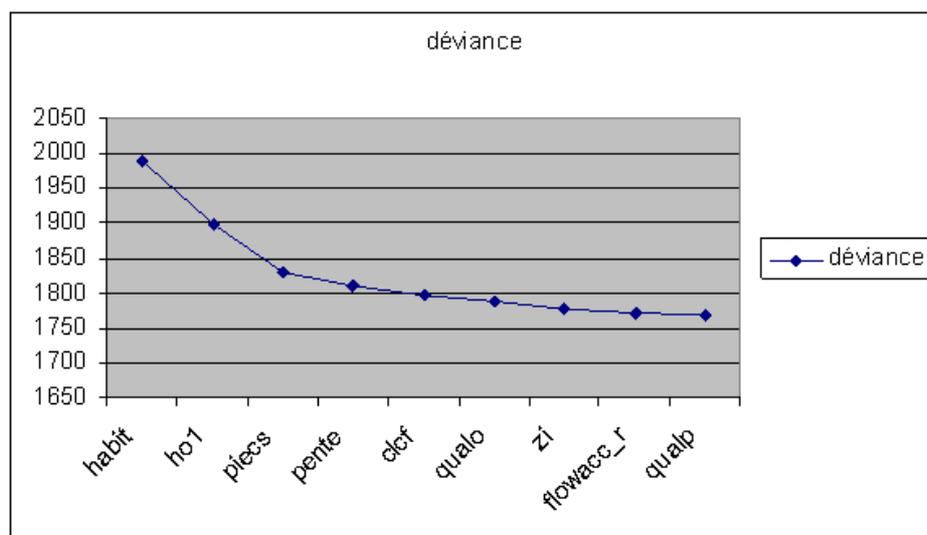


Figure 4-5 : Choix des variables explicatives du modèle de fréquence.

Cette figure nous montre que la déviance ralentit sa décroissance à mesure que le nombre de variables ajoutées augmente.

o Le modèle de coût moyen

Les variables ci-dessous sont successivement introduites dans le modèle :



Parmi ces variables, seules deux sont rejetées par le test de significativité de Fisher. Ces variables sont les mêmes que précédemment. La non significativité des variables est donc confirmée ici pour le modèle de coût.

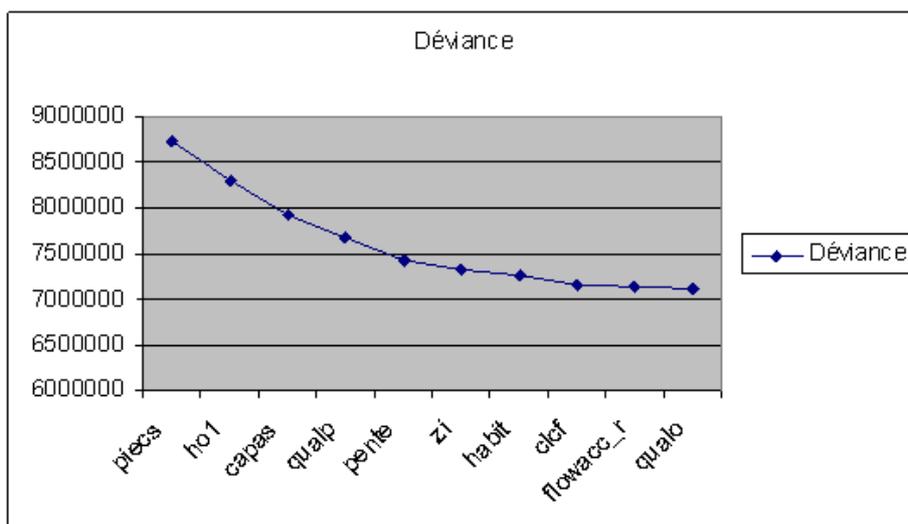


Figure 4-6 : Choix des variables explicatives du modèle de coût.

Cette figure nous montre que la déviance ralentit sa décroissance à mesure que le nombre de variables ajoutées augmente.

Le recours à la méthode stepwise pour la sélection et la hiérarchisation des variables permet de s'assurer de la significativité des variables employées même si celles-ci peuvent s'avérer a priori intéressantes dans le cadre des présents travaux.

#### 4.4.1.2. *La fonction lien*

La troisième composante d'un modèle linéaire généralisé est le lien entre la composante aléatoire et la composante déterministe. Le choix s'effectue entre un modèle additif, pour lequel le risque est modélisé par une somme d'effets explicatifs et un modèle multiplicatif, pour lequel le risque est modélisé par un produit d'effets explicatifs.

Comme cela a été mentionné dans la section « théorique », le cadre de ces travaux est propice à l'emploi d'une structure multiplicative en raison de la positivité des résultats attendus. Ici, la fonction « log » permet de répondre au besoin d'obtenir au final un modèle multiplicatif.

#### 4.4.1.3. *La loi de probabilité de réponse Y*

L'ensemble des tests menés aboutissent tous au même résultat : les tests d'adéquations sont rejetés sans équivoque.

Ceci s'explique par les propriétés des lois usuelles puisque, pour des échantillons de grandes tailles, le moindre écart, entre les valeurs observées et les valeurs théoriques, aboutit systématiquement à un rejet de l'hypothèse amenant donc à la conclusion que l'adéquation est médiocre. Or, ces écarts s'avèrent, par nature, inévitables : les lois testées restent théoriques auxquelles un ensemble de variables observées, in situ, ne peut s'ajuster parfaitement, ne serait-ce que par les imprécisions des relevés, que ce soit au niveau de l'intervention humaine lors de l'estimation des dégâts (qui nécessite le déplacement d'un expert), de la déclaration en état de catastrophes naturelles d'une commune et pas de celle mitoyenne, de l'imprécision due à la nature même des données comme le zonage de l'aléa, la géolocalisation du portefeuille... A titre d'exemple, il ne serait pas étonnant d'obtenir des écarts significatifs entre deux lots de sinistres estimés par deux experts différents.

Force est de constater que, de la réalité des données et de la complexité du cas d'étude, une adéquation parfaite à une loi statistique classique se révèle être statistiquement illusoire. Dans ce cas de figure, maintes fois rencontrées chez les assureurs, l'usage consiste à s'orienter vers la loi qui minimise la déviance à savoir, dans ce cadre, la loi de Poisson. C'est elle qui s'ajuste le mieux à nos modèles que ce soit pour la fréquence ou le coût moyen des sinistres.

#### 4.4.1.4. *L'estimation des coefficients de la régression*

Le tableau 4-2 montre les résultats fournis par le logiciel SAS et son module STAT. En complément des sorties brutes, les informations comme le nombre de contrats ainsi que la constitution d'une variable représentant soit la fréquence soit le coût moyen en base 100, sont fournies dans le tableau. Cela permet de faciliter la comparaison entre les valeurs des coefficients et celles des valeurs observées.

**Tableau 4-2 : Paramètres du MLG déterminés d'après l'inondation du Gard en 2002.**

Partie Masquée

D'une manière générale les coefficients évoluent de manière conforme aux attentes.

## 4.4.2. Commentaires sur les résultats

En premier lieu, l'ensemble de ces résultats obtenus via l'emploi de techniques statistiques est le fruit d'une interaction forte entre un logiciel SIG et un logiciel de gestion de base de données pourvu d'un composant dédié à la réalisation de statistiques avancées.

Outre le tri à plats des données réalisé dans le chapitre précédent apportant son lot de surprises, la réalisation d'un tel modèle a été le fruit d'un parcours jalonné d'embûches dont certains écueils subsistent sûrement encore. Malgré les efforts consentis pour s'ajuster aux « us et coutumes » du monde des statistiques, divers points méritent d'être soulevés ici et démontrent, une fois encore, la complexité d'aborder un sujet aussi transdisciplinaire offrant, en contrepartie, un vaste périmètre d'actions dont les pistes de recherche se sont succédées les unes aux autres entraînant, parfois, le modélisateur hors de ses bases.

### 4.4.2.1. *La significativité des variables*

En premier lieu, le rejet des variables relatives à la distance du cours d'eau et de la zone inondable s'avère surprenant, notamment pour le modèle de fréquence. En revanche, la significativité de la variable hauteur d'eau plutôt qu'une simple distance à la zone inondable permet, dans un sens, de valider ou, a minima, d'apporter du crédit à la méthode d'interpolation des hauteurs d'eau mise en place pour la réalisation de ces travaux. Cela tend ainsi à confirmer que les valeurs obtenues sont cohérentes et en accord avec l'ensemble des travaux portant sur le sujet, de l'évaluation des dommages générés par une inondation.

### 4.4.2.2. *Le modèle de fréquence*

Pour la fréquence, la hiérarchisation des variables obtenue semble, si ce n'est conforme aux attentes, plutôt cohérente au regard de leurs significations et ceci plus particulièrement en ce qui concerne les variables arrivant dans les premiers rangs des deux sous-modèles, c'est-à-dire les variables les plus discriminantes.

La pertinence du type d'habitation se justifie pleinement par la distinction appartement/maison suivie de la hauteur d'eau qui discrétise, notamment grâce à la valeur nulle, donc hors zone inondable, les territoires selon le fait qu'ils soient inondés ou non.

Ensuite, viennent les variables nombre de pièces et montant des capitaux assurés. Plus le nombre de pièces est élevé (comme les capitaux assurés) plus il devient raisonnable de penser que le type d'habitation est une maison et donc, plus la chance d'être potentiellement touchée par la crue augmente (par rapport à un appartement).

Puis, les variables relatives à l'environnement telles que la pente ou encore le type d'occupation du sol interviennent. Eu égard aux caractéristiques propres aux crues éclair, ces paramètres revêtent une importance toute particulière parce qu'ils conditionnent, en partie, la

capacité des sols à absorber les eaux qu'ils reçoivent et à les transmettre, en cas de dépassement de leur capacité d'absorption, aux zones plus en aval. Des sols artificialisés (donc imperméabilisés) et de fortes pentes sont naturellement plus propices à générer du ruissellement.

Seul, l'ordre d'entrée par le coefficient reflétant les flux d'accumulation semble en-deçà du potentiel théorique que laisse suggérer une telle variable. Néanmoins, la qualité de cette variable est directement liée à celle des données d'altitude du terrain (MNE SRTM, NASA à 90 m de résolution horizontale). Les échelles auxquelles se déroulent les mécanismes conduisant à la création des chemins d'écoulement ne sont pas appréciables, dans leur globalité, via la résolution des données de terrain à disposition. L'obtention d'une donnée de terrain plus précise permettrait, à n'en pas douter, d'apporter une valeur explicative accrue au modèle dans sa globalité.

#### 4.4.2.3. *Le modèle de coût*

Concernant la hiérarchisation des variables pour la modélisation du coût moyen du sinistre, les résultats apparaissent également cohérents et conformes, dans l'ensemble, aux attentes.

En première et troisième position du modèle fréquence, se classent les variables reflétant d'une manière générale la valeur assurée. Le fait de trouver au premier rang le nombre de pièces plutôt que le montant des capitaux assurés, peut prêter, de prime abord, à confusion. A ce stade, il faut s'intéresser à la modalité de construction de la variable montant des capitaux assurés qui résulte d'un calcul effectué en interne, se fondant sur des distinctions entre valeur mobilière stricte pour les locataires et valeur mobilière additionnée de celle de l'immobilier pour les propriétaires. D'une manière générale, la majorité des dégâts engendrée par une inondation ne porte, en général, que sur les embellissements (c'est-à-dire le second-œuvre) et les valeurs de contenu. En conséquence, la distinction faite dans le calcul des montants des capitaux assurés perd ainsi de son sens dans la cadre d'une étude des dommages générés par une inondation. L'information nombre de pièces, quant à elle, se positionne ici en tant qu'information homogène sans distinction locataire/propriétaire et se révèle donc plus à même de refléter la nature et la valeur du contenu.

Il apparaît logique de penser que la valeur du contenu est proportionnelle au nombre de pièces. Dans cette optique, on peut avancer que plus un logement a un grand nombre de pièces, plus les occupants sont susceptibles de posséder du mobilier en plus grand nombre et de valeur accrue.

Ensuite, la variable hauteur d'eau arrive en deuxième position justifiant ainsi sa valeur discriminante vis-à-vis du coût des dommages, dont la littérature fait unanimement état, en reliant de manière directe la hauteur d'eau à un niveau de dommage escompté qu'il soit relatif (en pourcentage de la valeur totale) ou absolu (en valeur par unité de surface).

En entrée du modèle de coût, apparaissent donc les deux paramètres majeurs d'estimation du coût qui forme l'équation basique : valeur X taux de dommage.

En complément de ces informations, vient se greffer un ensemble de données où l'on retrouve soit des facteurs associés aux caractéristiques intrinsèques de la crue comme la pente où les

flux d'accumulation, soit des variables liées à la notion de mise en sécurité des biens comme la présence d'un occupant dans l'habitation.

En effet, les statistiques descriptives montrent que les territoires ayant des pourcentages élevés de pente se caractérisent par des coûts moyens de sinistre supérieurs à la normale de plus de 1 000 € (pour une moyenne inférieure à 7 000 €). La pente favorise bien évidemment les vitesses d'écoulement et également la capacité de charriage de matériaux, de pierres... qui augmente avec la vitesse. Ces facteurs sont largement aggravants tant au niveau de la sécurité des personnes que des dommages aux biens, leurs présences en tant que variables explicatives du coût s'en trouvent renforcées.

Enfin, les valeurs des coefficients de la variable occupant peuvent être expliquées selon deux axes. Le premier consiste à considérer que les maisons inoccupées (dans le sens des maisons secondaires) se caractérisent par une présence moindre de mobiliers de valeur. Le second axe, quant à lui, fait référence à la possibilité, ou non, de mettre en sécurité les biens en les installant, par exemple, aux étages supérieurs (si l'habitation le permet). Même si les évolutions des fréquences semblent a priori montrer un phénomène inverse, la comparaison, montrée dans le tableau, ci-dessous entre le segment habitation occupée et le reste des observations fait bien apparaître le phénomène évoqué justifiant ainsi ces propos.

**Tableau 4-3 : Comparaison du coût moyen selon l'occupation de l'habitation lors de la crue du Gard en 2002.**

	<b>Nombre de sinistre</b>	<b>Valeur Totale des sinistres (€)</b>	<b>Coût moyen des sinistres (€)</b>
<b>Non Occupant</b>	81	579 723	7 157
<b>Occupant</b>	651	4 404 762	6 766
<b>Total</b>	732	4 984 485	6 809

D'une manière générale, les résultats, que ce soit du modèle de fréquence ou du modèle de coût, montrent la cohérence de l'approche et permettent de justifier les choix d'incorporer aux modèles telle ou telle variable à l'aide de tests statistiques.

#### **4.4.3. La validation du modèle**

L'étude des résidus s'effectue en traçant un graphique où l'on place en ordonnée les résidus et en abscisse les différentes variables explicatives ordonnées par ordre croissant.

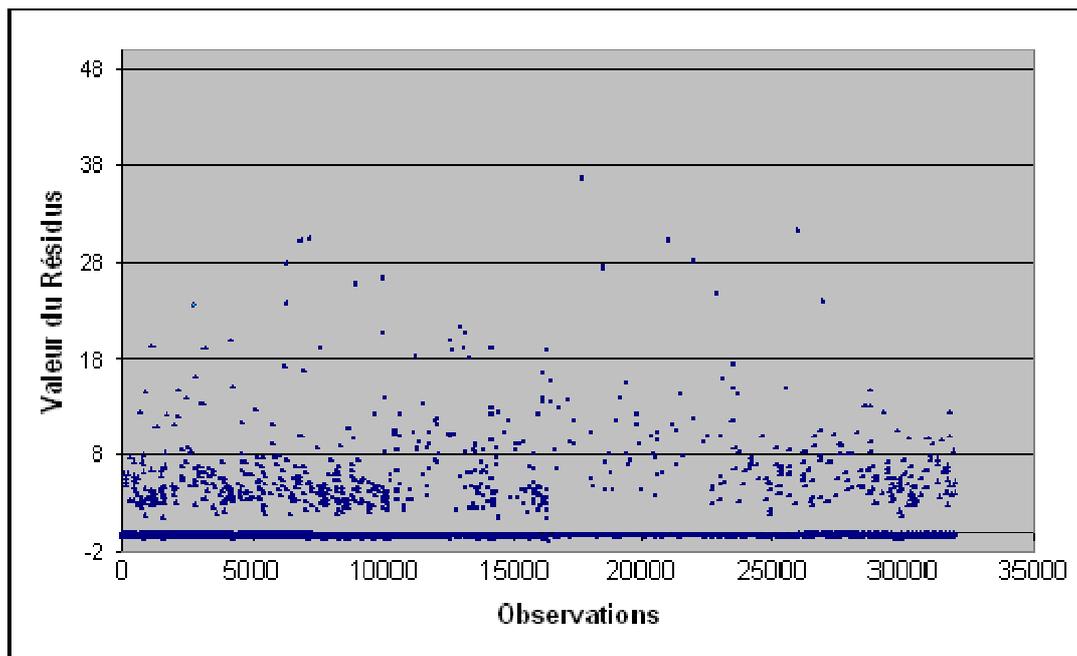


Figure 4-7 : Résidus de Pearson du modèle de fréquence.

La figure ci-dessus permet de vérifier les hypothèses d'espérance nulle puisque la moyenne empirique s'élève à 0,00025. Quant à la variance, la forme du nuage apparaît comme assez régulière permettant de valider la constance de la variance.

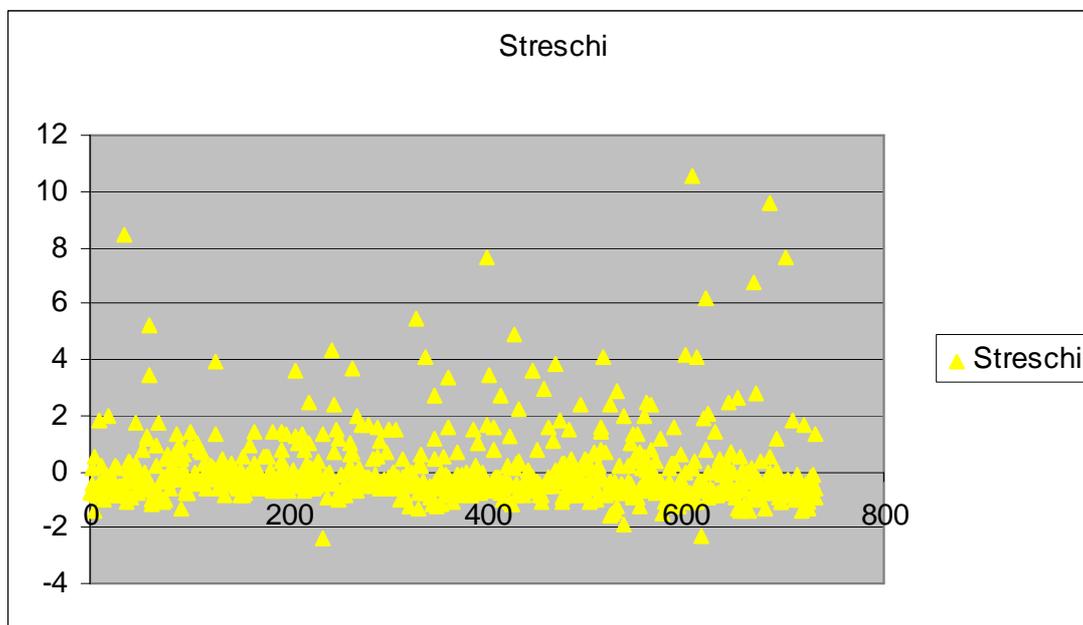


Figure 4-8 : Résidus de Pearson du modèle de coût.

La figure ci-dessus permet de vérifier les hypothèses d'espérance nulle puisque la moyenne empirique s'élève à 0,0063. Quant à la variance, la forme du nuage apparaît comme assez régulière permettant de valider également la constance de la variance.

#### 4.4.3.1. *Analyse des écarts entre les prédictions du modèle et les valeurs observées*

L'objet ici est de comparer les résultats du modèle avec les valeurs observées. Cela nécessite de construire un intervalle de confiance comme il en a été fait état plus haut.

Cette même méthode présente un intérêt variable dans le cas où le nombre de variables explicatives du modèle est très important. En effet, la segmentation qui résulte du croisement de toutes les variables est très importante au regard de la taille de l'échantillon étudié. En conséquence, il s'avère que, pour certains segments ainsi constitués, le nombre d'observations est trop faible pour permettre d'apprécier la pertinence de l'estimation (échantillon non-représentatif).

En outre, ce type de méthode ne peut s'appliquer dès lors que la modélisation se base sur un faible nombre de variables explicatives. L'objectif étant de concevoir un modèle qui réalise le bon compromis entre un faible nombre de paramètres et une bonne qualité d'ajustement. Au final, il suffit de vérifier si avec un nombre restreint de paramètres, les résultats estimés arrivent à bien estimer les valeurs observées et ce, dans chacun des segments. C'est seulement dans ce cas, que le modèle peut raisonnablement être considéré comme valide.

Au demeurant, le fait que la segmentation aboutisse à créer des catégories d'assurés de faible effectif ne semble pas être un motif de remise en cause du modèle. En effet, l'estimation dans un segment résulte non pas des seules caractéristiques propres au segment, mais dépend de l'ensemble des segments. Le calcul des coefficients provient de l'interaction de tous les segments de coût ou de fréquence entre eux. Au final, à partir d'une même base de données, que l'on construise des segments possédant chacun 10 ou 10 000 observations, l'information sur laquelle va porter la modélisation des coefficients demeure la même.

Tout l'intérêt d'un tel modèle réside dans sa capacité de synthèse de l'information contenue dans chacun des segments (constitués par le croisement des variables explicatives), quel que soit le nombre de données, en quelques paramètres.

L'objectif étant ici de placer la vision des coûts à une échelle supérieure que le contrat. En définitive, le modèle ne permet pas de dire que toutes les maisons avec des propriétaires occupant, situées en zone inondable, concernées par une telle hauteur d'eau, etc... coûteront X euros mais que l'ensemble de ce segment subira un sinistre de X euros.

L'étape de validation est donc menée en jugeant de l'estimation sur des regroupements plus vastes que ceux obtenus par le croisement de toutes les variables, toujours dans l'optique de travailler sur des effectifs en nombre suffisant.

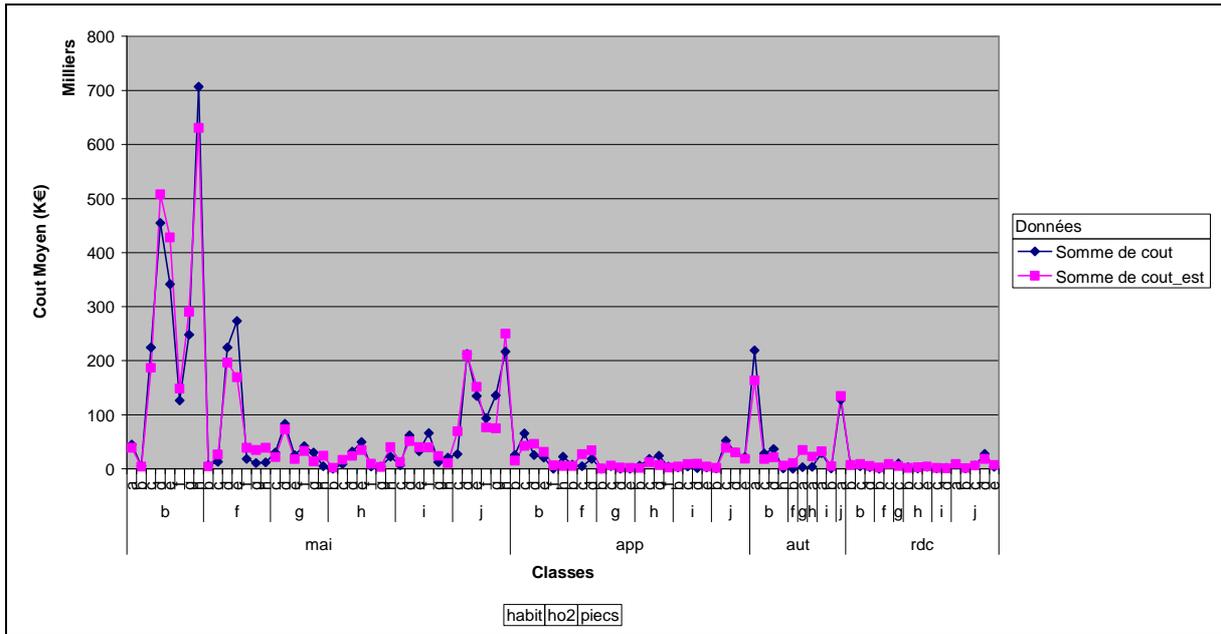


Figure 4-9 : Positionnement du coût moyen au niveau d'un échantillon défini par le croisement de trois variables (Nombre de pièces, Hauteur d'eau, Type d'habitation).

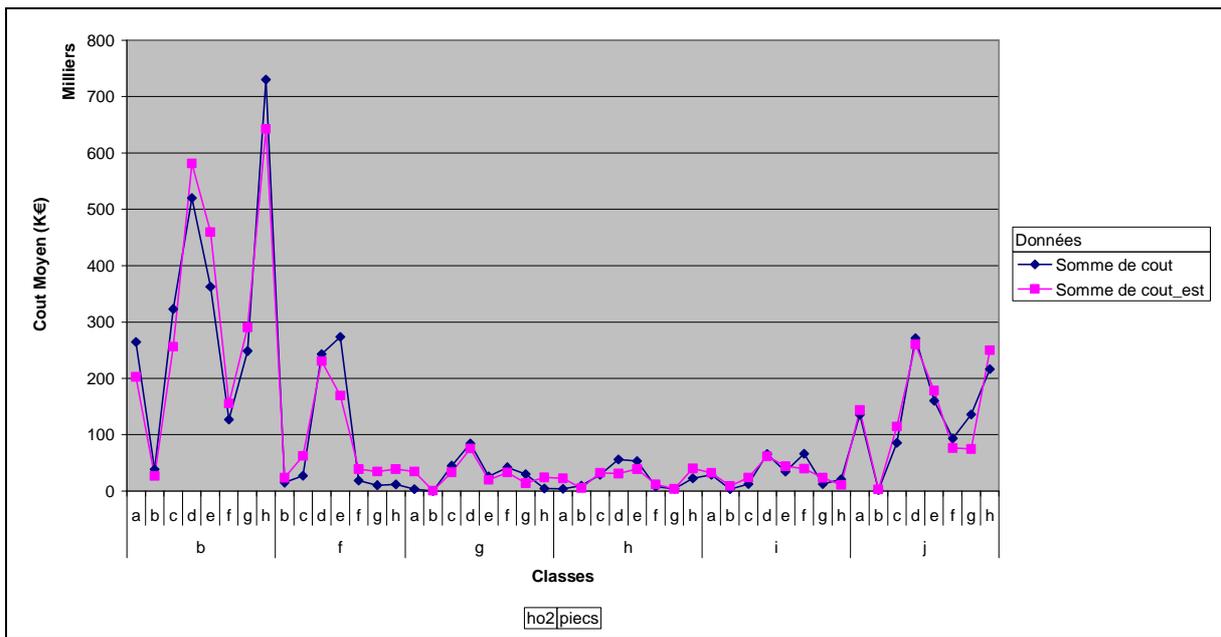


Figure 4-10 : Positionnement du coût moyen au niveau d'un échantillon défini par le croisement de deux variables (Nombre de pièces, Hauteur d'eau).

Les coûts modélisés sont très proches de ceux observés sur cette segmentation définie par deux variables, le coût moyen estimé se positionne donc bien par rapport à l'observé.

On constate également que 83% des coûts modélisés se situent dans l'intervalle de confiance des coûts observés.

En dernier point, il faut insister sur le fait que les segments les moins bien modélisés sont ceux comportant les effectifs les plus réduits.

Dans cette partie, l'analyse des nuages des résidus amène à valider les hypothèses générales du modèle (espérance nulle, variance constante). L'étude du différentiel entre les coûts moyens observés et estimés a démontré que le modèle fonctionne bien sur des segments ciblés. Eu égard à ces résultats, ces conclusions permettent de considérer que le modèle est valide.

#### **4.5. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE « SUBSIDENCE »**

L'objet de cette partie consiste à étudier la faisabilité d'un modèle prédictif des coûts de subsidence. Ces travaux relèvent d'une problématique opérationnelle spécifique et qui diffèrent de celle de l'inondation par la chronologie du déroulement de ce type de sinistre.

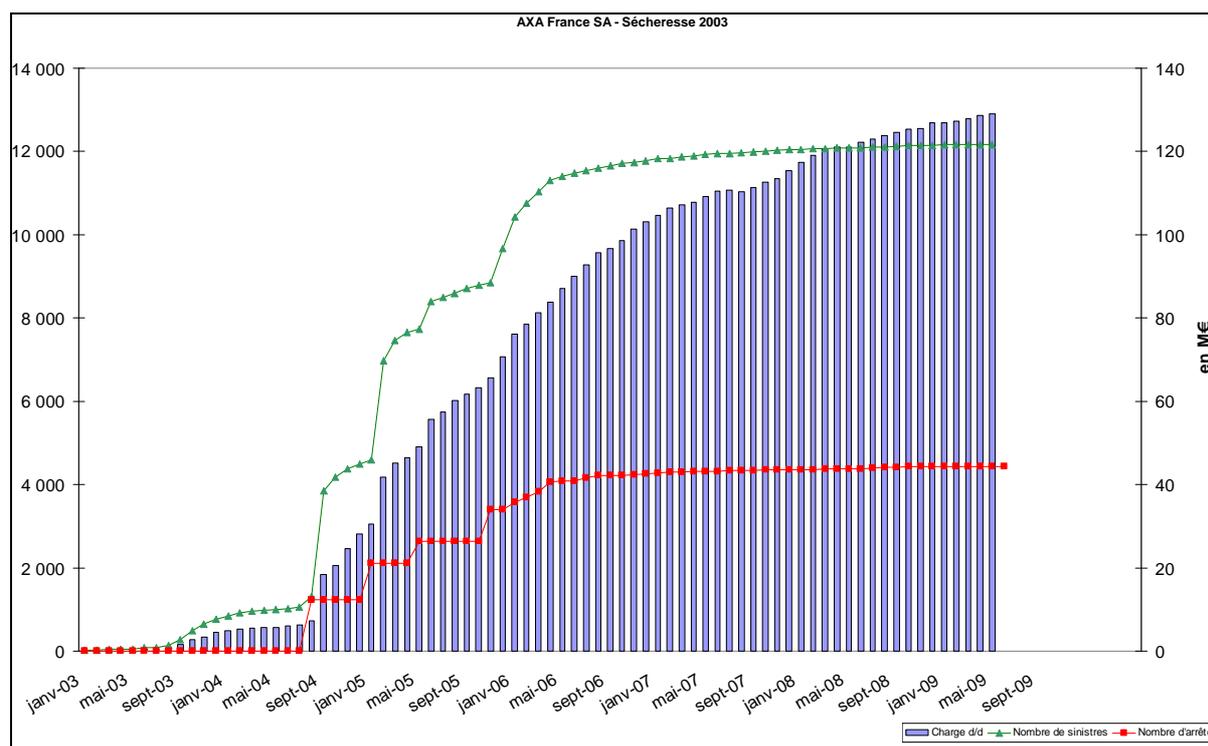
L'indemnisation d'un sinistre sécheresse nécessite que la commune demande, au pouvoir public, la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, que l'Etat statue sur la situation de la commune via des normes (qui ne cessent d'évoluer au gré des épisodes de sécheresse et qui requièrent un certain nombre de mesure et de données fournies par Météo France) puis délivre son avis (favorable ou défavorable), avant que l'assureur ne reçoive ces informations et procède à l'estimation de la charge pour ensuite être en mesure de procéder au règlement du sinistre.

En conséquence, la sinistralité sécheresse, à la différence de celle relative à l'inondation, est qualifiée de tardive. Dans les faits, il peut s'écouler de plusieurs mois à plusieurs années entre l'événement à l'origine du sinistre et sa reconnaissance en tant que catastrophe naturelle. Cela se traduit par la survenance potentielle de sinistres tardifs pouvant « apparaître » plusieurs années après leur occurrence réelle et devant être comptabilisés sur l'exercice non pas de leur déclaration mais de leur survenance.

Il apparaît que le déroulement de ce processus fait appel à des échelles temporelles sans commune mesure avec les aléas inondations plaçant de ce fait la sinistralité sécheresse dans un registre à part, notamment dans le calcul des provisions techniques de ce risque.

L'exemple de la sécheresse 2003 permet de démontrer le comportement atypique de ce type de sinistralité pour des événements naturels de grande ampleur. Le coût marché s'élève à près d'1 Mrd d'€ tandis que celui pour AXA France est proche de 280 M€.

La figure 4-11 montre que les premiers arrêtés CatNat sécheresse publiés au journal officiel datent d'octobre 2004 et que seulement la moitié des communes aujourd'hui reconnues pour cet événement, ne l'étaient en mai 2005.



**Figure 4-11 : Aperçu de la sinistralité sécheresse pour AXA France pour l'exercice 2003.**

Ce phénomène a été à l'origine de la mise en défaut du provisionnement prévu à la clôture des comptes de l'exercice 2003 pour couvrir ce poste de sinistres et a ainsi entraîné une dérive non anticipée et donc non contrôlée à hauteur du bilan actuel.

En conséquence, la conception d'un outil d'aide à l'estimation de la charge sécheresse prévisible se révélerait être un outil précieux permettant de mieux dimensionner le provisionnement pour la sécheresse et ainsi, de mieux anticiper toute dérive de sinistralité.

Dans le cadre de cette problématique propre au phénomène de sécheresse, une réponse aux difficultés de provisionnement de ce risque est élaborée. Elle consiste en :

- L'élaboration d'un modèle ex-post sur l'exercice 2003,
- Au déploiement de ce modèle sur l'exercice 2009.

#### **4.5.1. Des mécanismes de la subsidence**

Le déclenchement des mouvements différentiels de terrain résulte de la combinaison de nombreuses variables notamment climatiques, pédologiques et géologiques.

La communauté scientifique s'intéressant à cette thématique s'accorde à dire que les retraits gonflements des sols argileux induisent des tassements différentiels manifestant des désordres susceptibles d'impacter les éléments bâtis en surface. D'une manière générale, un sol argileux

a une consistance variable selon sa teneur en eau qui s'accompagne de variations de volume dans des proportions pouvant être spectaculaires (Nowamooz, 2007).

Aux latitudes du territoire français métropolitain et de par son climat globalement tempéré, les sols sont plus souvent proches de leur état de saturation en eau. En d'autres termes, le potentiel de gonflement des sols est plus limité que celui de leurs contractions. En conséquence, les dégâts sont le plus souvent occasionnés en période prolongée de sécheresse qui s'accompagne d'une diminution du niveau des nappes affleurantes se traduisant par un tassement des sols.

L'objet ici n'est pas de détailler les processus pédologiques et physico-chimiques du retrait/gonflement des argiles, l'importance des structures micropores et macropores sur la structure plus globale des premiers horizons du sol et sur la conductivité hydraulique en elle-même. Bien qu'une étude précise de ce type de phénomène requiert de s'intéresser à une foule de paramètres (avec également la connaissance du type de fondation des constructions, de leur profondeur, des matériaux, de l'exposition, de la présence d'arbres...), il faut mettre cela en perspective des objectifs de ces travaux à savoir, l'analyse de la sinistralité sécheresse chez un assureur à l'échelle du territoire métropolitain.

Il est délibérément choisi de passer outre les aspects théoriques et pratiques de ce risque et de ne retenir au final que les variables à disposition pour l'élaboration du modèle. Pour le détail des mécanismes de ce phénomène, des travaux complets ont été menés notamment par Nowamooz en 2007 dans sa thèse de doctorat.

La littérature recense unanimement et d'un point de vue très général, ces indicateurs comme pertinents concernant les mouvements différentiels de sol induits par les retraits/gonflements des sols argileux :

- Déficit pluviométrique hivernal,
- Sécheresse estivale très marquée,
- Présence d'un sol fin (argiles, limons, marnes).

C'est donc par l'intermédiaire de ces indicateurs globaux que l'appréhension de ce risque va être menée. L'enjeu ici est prospectif et vise à poser des jalons quant à sa détermination.

### **4.5.2. Démarche Scientifique**

Eu égard à la particularité de ce risque faisant intervenir des mécanismes spécifiques et à la nature des variables à disposition dans le système d'information d'AXA France (détaillée dans ce chapitre notamment pour la branche habitation), l'élaboration de courbes de dommage propres au risque de subsidence se retrouve confrontée au même problème de données que celui mis en évidence pour le péril inondation.

En conséquence, la voie empruntée ici est la même que dans la section précédente, à savoir la conception du modèle d'estimation de la charge sinistre le plus fin possible selon les données à disposition dans les bases d'AXA France et celles présentes sur le Web.

La démarche consiste ici à analyser les relations existantes entre des variables géographiques simples avec la fréquence et le coût des sinistres « sécheresse » observés lors de l'exercice 2003. Le périmètre d'étude est le territoire métropolitain.

Afin de se dégager de trop fortes contraintes temporelles et techniques, il est choisi de mener ces travaux à la maille d'analyse communale. En outre, la quasi-totalité des sinistres liés à la sécheresse concerne exclusivement le périmètre de l'habitation du particulier (structure légère et fondations peu profondes) (FFSA, 2010), les analyses sont donc menées uniquement sur ce segment.

La démarche consiste à élaborer deux modèles distincts :

- un modèle fréquentiel,
- un modèle coût prédictif.

La principale hypothèse faite est de considérer que le portefeuille MRH a une répartition proportionnelle à celle de la population communale. En conséquence, la fréquence d'occurrence d'un sinistre s'exprime par le rapport du nombre de sinistres avec le nombre d'habitants par commune.

L'objectif de cette étude vise à utiliser les relations unissant les variations climatiques au déclenchement des mouvements de terrains différentiels afin d'en constituer un modèle. Il convient donc d'identifier des éléments de comparaisons logiques, statistiques et spatiaux entre des données géographiques et des données sinistres.

### **4.5.3. Les bases de données**

Un ensemble de bases de données a été mobilisé pour réaliser ces travaux. Une présentation de chacune d'elles est réalisée.

#### *4.5.3.1. Les données climatiques*

Les données pluviométriques des hivers 2002-2003 et 2008-2009 ainsi que les données de température des étés 2003 et 2009 ont été téléchargées à partir de la base de données européenne ECAD<sup>2</sup>. La couverture du réseau de stations météorologiques est illustrée sur la figure ci-dessous.

---

<sup>2</sup> La base de données européenne «European Climate Assessment» délivre des séries statistiques pluviométriques et de températures sur un réseau de plus de 60 stations couvrant la quasi-totalité du territoire métropolitain et la totalité des zones les plus à risque concernant le phénomène de subsidence. <http://eca.knmi.nl/dailydata/customquery.php>

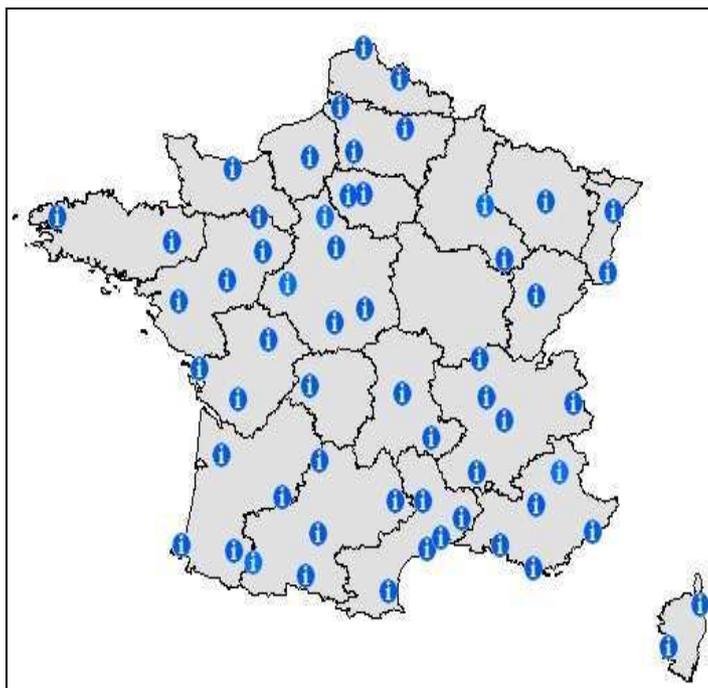


Figure 4-12 : Répartition du réseau de stations météorologiques alimentant la base de données de l'ECAD.

#### 4.5.3.2. *Les données cartographiques sur l'aléa retrait-gonflement des argiles*

L'ensemble des cartographies numériques de l'aléa retrait gonflement des argiles a également été téléchargé<sup>3</sup>. Elles permettent de discrétiser le territoire selon l'intensité de l'aléa (Faible, Moyen, Fort et Non renseigné).

<sup>3</sup> Un programme de cartographie départementale, réalisé à la demande du MEDDMM et cofinancé par le Fonds de prévention des risques naturels majeurs et le BRGM, permet de couvrir les départements les plus touchés par le phénomène. Leur analyse permet d'identifier les formations argileuses (au sens large), affleurantes ou sub-affleurantes, et d'en établir une cartographie numérique, homogène à l'échelle départementale. [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)

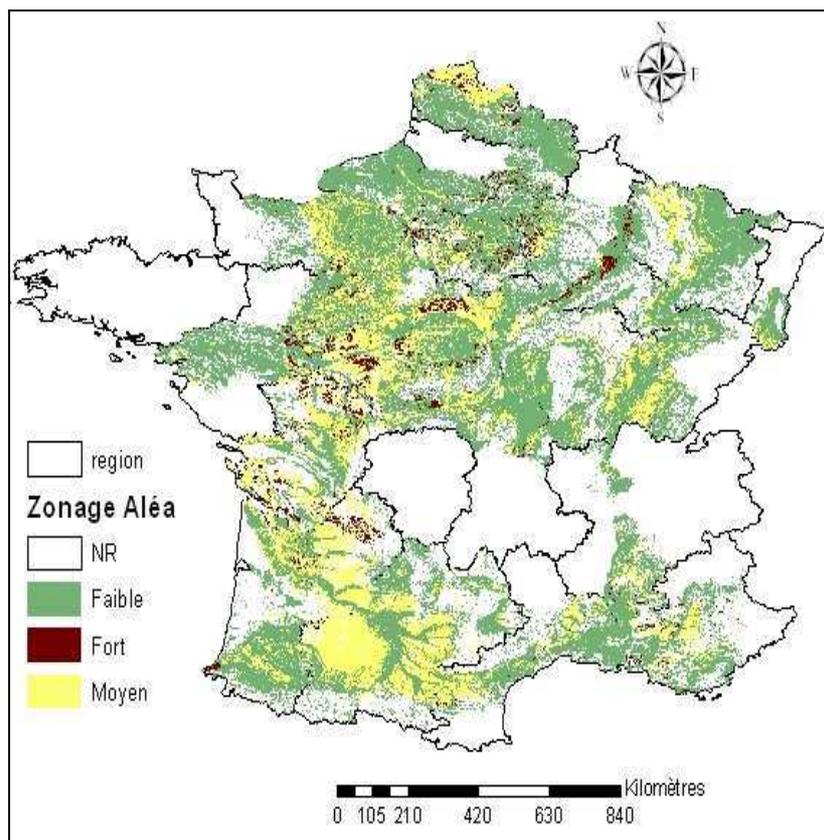


Figure 4-13 : Cartographie de la couverture du zonage Aléa retrait gonflement des Argiles (données : BRGM ; vision 12/2009).

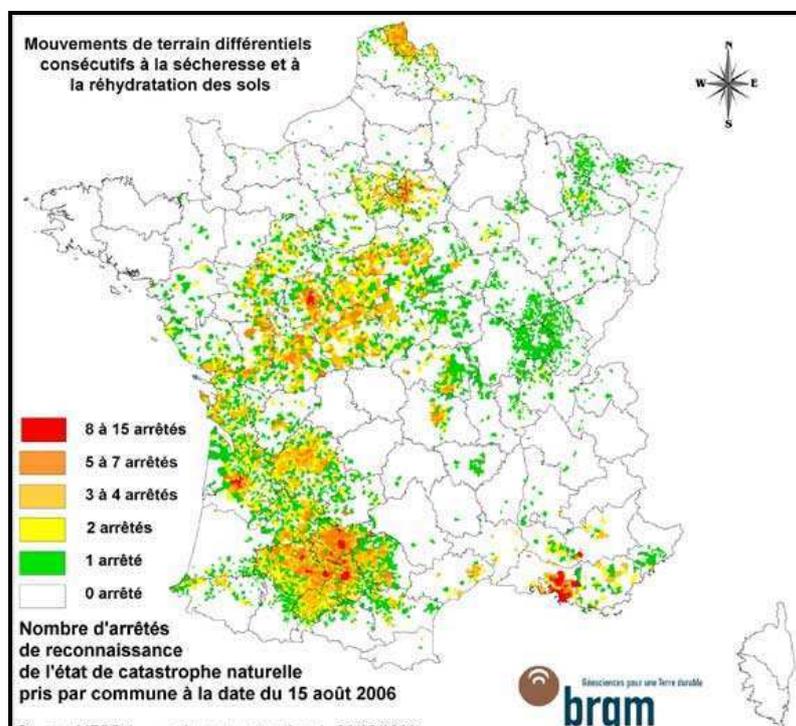


Figure 4-14 : Cartographie des communes ayant fait l'objet d'arrêtés CATNAT sécheresse. (Sources : BD GASPARD, MEDTL, BRGM).

Bien que la couverture du territoire ne soit pas exhaustive en la matière, les deux cartographies ci-dessus montrent clairement que l'ensemble des départements à risque (ayant fait l'objet de déclarations CATNAT) ont été traités et que les données sur l'aléa sont disponibles.

#### 4.5.3.3. *La base de données sinistre*

La constitution de la base de données sinistre est réalisée selon les processus suivants :

- Extraction sur la base de données sinistre en survenance 2003 (vision 12/09) pour la garantie sécheresse,
- Ajout de la variable identifiant la commune où est localisé le bien assuré (vision 12/03),

Au final, on recense 11 859 sinistres « Sécheresse » en MRH pour l'exercice 2003 dont 1 410 (11%) avec une charge à 0 € (lorsque l'estimation du coût du sinistre est inférieure à la franchise légale).

En conséquence, l'analyse est réalisée sur l'ensemble des sinistres ayant une charge non nulle soit 10 449 sinistres.

### **4.5.4. Construction et choix des variables**

Cette partie fait état de la construction du modèle et des variables retenues pour l'estimation du phénomène de retrait gonflement des argiles.

#### 4.5.4.1. *Variables retenues*

Les variables retenues sont celles disponibles sur Internet. Une fois extraites, ces informations sont traitées afin d'en constituer les indices suivants :

- Intensité de l'aléa,
- Indice moyen de pluviométrie hivernale,
- Indice moyen de température estivale,
- Altitude locale,
- Nombre de population.

L'emploi brut des données de température et de pluviométrie ne permettant pas de rendre compte des conditions climatiques spécifiques à chaque territoire (une moyenne de 20°C à Nice ou à Lille n'a pas la même signification en termes de déshydratation exceptionnelle des sols), les données climatiques (température et pluviométrie) ont été intégrées au modèle en considérant leur écart par rapport à la moyenne centennale telle qu'elle a été calculée pour l'année 2003 (exemple : un indice hivernal pluviométrique de 50 indique un apport

pluviométrique hivernal moitié moindre que la moyenne centennale sur le territoire considéré).

La variable altitude permet d'expliquer l'absence de données sur l'aléa subsidence sur les zones de moyenne et de haute montagne (la nature géologique de ces sols n'est pas propice à l'apparition de mouvements différentiels).

La variable population permet de rendre compte de la fréquence des sinistres. Le traitement des 4 millions de polices MRH n'étant pas envisageable dans ce cadre, la population est considérée comme étant proportionnelle au volume des polices MRH.

#### 4.5.4.2. Construction du modèle

Dans cette section, l'ensemble des procédés déployés correspondent à ceux préalablement expliqués et détaillés dans la partie théorique traitant du risque inondation. Dans un souci de concision, l'ensemble de ces étapes est passé outre. Seuls les résultats sont mentionnés.

L'objet d'un tel modèle est double :

- Déterminer la combinaison optimale de variables caractérisant la fréquence d'occurrence de sinistres due au retrait gonflement des argiles,
- Modéliser, sur la base des variables sélectionnées, le coût moyen de ces sinistres.

##### ➤ Les sous modèles

Le modèle fréquentiel est réalisé sur l'ensemble des communes du territoire métropolitain. A chaque commune est associée une fréquence estimée de sinistres.

Le modèle coût est réalisé sur l'ensemble des communes ayant subi au moins un sinistre. A chaque commune ayant subi au moins un sinistre en 2003, un coût moyen est associé.

L'estimation résulte du croisement de la fréquence estimée avec le coût moyen estimé.

##### ➤ Les hypothèses constitutives du modèle

Au regard des objectifs, il est décidé de travailler via les modèles linéaires généralisés (procédure GENMOD). La fréquence des sinistres et le coût des dommages s'ajustent à une loi de log-Poisson.

L'ensemble des variables a été segmenté de manière à trouver un juste équilibre entre l'homogénéité des observations et la pertinence de la segmentation.

L'organisation de l'entrée des variables dans les modèles de fréquence et de coût moyen est réalisée selon la méthode *stepwise* à la fois pour la modélisation de la fréquence et du coût.

### **4.5.5. Présentation des résultats**

Le modèle a permis de valider la significativité des variables via les tests de Fisher. Les résultats, à savoir l'ordre d'entrée des variables dans les modèles de fréquence et de coût, les valeurs des coefficients ainsi que, selon le modèle, les fréquences observées ou les coûts moyens sont présentés dans le tableau récapitulatif ci-après.

**Tableau 4-4 : Paramètres du MLG déterminés à partir de l'événement sécheresse de 2003.**

Partie Masquée

Ce tableau apporte un ensemble d'informations permettant de juger à la fois de la pertinence des variables mises en place (la fréquence observée de sinistres) et également sur la valeur des coefficients constitutifs du modèle.

L'indicateur de pluviométrie montre que la fréquence de sinistres diminue à mesure que la pluviométrie est forte. Concernant le coût, il apparaît que le coût moyen du sinistre augmente avec la pluviométrie. Cela peut correspondre potentiellement à l'amplitude maximale des mouvements des sols passant de l'état de saturation (pluviométrie élevée) à un état de sécheresse.

Le coefficient de fréquence tient compte du nombre d'habitants puisque la fréquence de sinistre observée résulte du dividende entre le nombre de sinistres par commune sur la population de cette commune. Donc, plus la commune compte d'habitants plus le coefficient de fréquence est élevé.

Pour la modalité population inférieure à 1000, la valeur du coefficient de fréquence (0.03) s'explique par le poids des communes les moins peuplées comme le montre le tableau ci-dessous.

**Tableau 4-5 : Répartition des communes au sein de la modalité population inférieure à 1000.**

<b>POPULATION (Milliers)</b>	<b>Nb de Communes</b>	<b>Cumul Nb Communes</b>	<b>Férquence cumulée</b>
<b>0</b>	1 059	1 059	2,9%
<b>0,1</b>	6 499	7 558	20,7%
<b>0,2</b>	5 686	13 244	36,2%
<b>0,3</b>	4 037	17 281	47,2%
<b>0,4</b>	2 949	20 230	55,3%
<b>0,5</b>	2 199	22 429	61,3%
<b>0,6</b>	1 780	24 209	66,2%
<b>0,7</b>	1 396	25 605	70,0%
<b>0,8</b>	1 118	26 723	73,0%
<b>0,9</b>	902	27 625	75,5%
<b>1</b>	763	28 388	77,6%
<b>&gt;1</b>	8 195	8 195	22,4%
<b>Total</b>	<b>36 583</b>	<b>36 583</b>	<b>100,0%</b>

La variable altitude permet de moduler la fréquence à la fois sur les zones de moyenne et de haute montagne ainsi que sur les zones littorales.

La nature géologique des sols sur ces zones géographiques n'est pas propice à l'apparition de mouvements différentiels.

La variable température favorise l'apparition de sinistres puisque la fréquence croît à mesure que les écarts à la valeur centennale augmentent. En revanche, l'impact sur le coût moyen des sinistres reste quant à lui plus diffus.

En poussant le raisonnement à partir de ces observations, il semble que la température soit un facteur intéressant quant au déclenchement du sinistre mais, l'intensité semble plus être

conditionnée par la pluviométrie, c'est-à-dire l'état de saturation des sols avant l'épisode de sécheresse.

Le niveau de l'aléa présente, quant à lui, un intérêt dans la mise en opposition des territoires qualifiés de niveau faible avec les territoires dont les niveaux sont moyen et fort. Concernant le coût, il apparaît un écart net entre les territoires classés en aléa haut avec le reste des modalités (la partie NR représente le coût moyen de la sinistralité sécheresse). Cela montre que la construction des indicateurs semble fondée sur l'ampleur du mouvement que les caractéristiques des sols laissent présager. Plus un sol a une amplitude de mouvement importante, plus l'impact sur le bâti et donc les coûts sont théoriquement élevés.

#### **4.5.6. Déploiement du modèle sur l'exercice 2009**

Dans cette optique, les coefficients exposés dans le tableau 4-4 sont appliqués aux données de 2009. Les résultats du déploiement du modèle subsidence, obtenus à partir de la sinistralité observée en 2003, sur l'exercice de 2009 sont montrés ci-dessous.

Dans un souci de cohérence des données, il faut noter que la détermination des écarts à la moyenne pour les données climatiques de 2009 a été réalisée en considérant comme référence la même moyenne centennale que celle utilisée pour la construction des données de 2003.

Il faut insister sur le rôle de la variable température. 2003 fut une année extrême (la plus chaude jamais enregistrée) caractérisée par des températures estivales supérieures de 7 à 12 % aux moyennes centennales. En 2009, les écarts relevés se situent, quant à eux, entre 1 et 9%.

En conséquence, la segmentation de la variable température 2009 à partir des valeurs de température de 2003 présente un défaut de représentativité puisque l'éventail des observations de 2003 ne couvre que partiellement celui de 2009.

Ceci peut donc être à l'origine d'erreurs ou, a minima, d'imprécisions dans les résultats de la modélisation de la sinistralité sécheresse de l'exercice 2009. Comme il a été montré que le facteur température influençait principalement la survenue d'un sinistre, c'est donc le sous-modèle « fréquence » qui est principalement concerné.

Il faut noter que, dans un souci de cohérence du modèle, les classes de température ont été réarrangées de manière à atténuer au maximum le défaut de représentativité des températures de 2003 sur les estimations de 2009.

Il pointe ici une limite importante du modèle avec clairement un défaut de représentativité de l'événement de 2003.

**Tableau 4-6 : Résultats de l'estimation de la sinistralité sécheresse pour l'exercice 2009 par le modèle proposé.**

<b>Nb Sinistres Estimé</b>	<b>Charge Estimée (K€)</b>
3 841	46 263

En conclusion, si l'on considère l'événement de 2003 comme parfaitement représentatif du phénomène de subsidence, il devient alors possible d'estimer le coût des sinistres subsidences, pour l'exercice 2009, à **46 M€** (en tenant compte de l'inflation calculée à partir de chiffres fournis par l'OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development).

A la fin du premier semestre 2011, le bilan de la sinistralité sécheresse pour l'exercice 2009 fait état de 2 000 sinistres pour 20 M€ de dommages A partir de ces chiffres et de la cadence de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle observée en 2003 (seule la moitié des communes aujourd'hui reconnues l'étaient officiellement deux ans après l'événement), les résultats du présent modèle semblent, a minima, cohérents avec la sinistralité d'ores et déjà observée.

Dans cette optique, la publication au Journal Officiel du 13 janvier 2011 (JORF n°10, 2011) n'a reconnu que certaines communes dans 44 départements alors qu'à l'origine, la demande concernait des communes réparties dans 79 départements. Cela démontre encore une fois et sur le thème de la sécheresse, le poids du filtre imposé par le mécanisme étatique de reconnaissance, qui influence directement la vision de ce type de sinistralité.

En outre, lorsque la commune n'est pas déclarée en état de catastrophe naturelle, aucune trace de sinistre éventuel (pré-ouverture, demande en attente, ou autres...) n'est visible dans le système d'information de la gestion des sinistres d'AXA France. En conséquence, le poids politique pèse sur les comptes de résultats et sur la vision même de la vulnérabilité des biens exposés à cet aléa. La modélisation mise en place se fonde de fait sur une vision tronquée de l'aléa sécheresse. Les critères mis en place, la démarche proposée, fondée sur une approche déterministe ainsi que les informations sur la sinistralité historique, ne représentent, in fine, qu'une part de la totalité du phénomène et de ses conséquences.

Ajouté à cela, le flou régnant sur les critères de reconnaissance évolue sans cesse au gré des observations. En conséquence, la sinistralité sur laquelle a reposé la modélisation de l'aléa en 2003 serait aujourd'hui différente eu égard à l'évolution des critères permettant la reconnaissance de cet état de Catastrophe Naturelle (Rapport d'Information du Sénat, 2009).

Aujourd'hui, la démarche actuelle a été mise en place en 2009. Elle se fonde sur la vérification de la présence de sols argileux (au moins 3% du territoire communal) et sur l'identification d'un état hydrique anormalement sec du sol, en fonction des conditions météorologiques. Face à cette méthode, de nombreuses voix s'élèvent aujourd'hui encore contre la non-reconnaissance de certaines communes ayant subies des sinistres (question posée à l'assemblée nationale le 22/03/2011 par la députée des Yvelines).

### 4.5.7. Conclusions et commentaires

De ces travaux portant sur la faisabilité d'un modèle prédictif de la sinistralité due au retrait gonflement des argiles, il ressort divers enseignements qu'il convient de rappeler :

- Les bases de données libres d'accès du Web offrent des données climatiques (températures et pluviométries) exploitables, à l'échelle du territoire national, tant du point de vue qualitatif que quantitatif,
- La couverture de l'aléa subsidence en France, bien qu'incomplète lors de la réalisation de ces travaux, concernait la quasi-totalité des zones sujettes à ce type de risque,
- L'influence de décisions politiques, décorrélées de l'aléa, induisent une vision tronquée de l'ensemble du phénomène de sécheresse.

En conclusion, l'ensemble des variables conditionnant ce type d'aléa est disponible et exploitable pour la constitution d'un modèle général, au prix d'un temps non négligeable d'organisation, de mise en forme et de traitement de ces informations.

Les limites rencontrées proviennent à la fois des caractéristiques physiques de l'événement étudié ainsi que des processus permettant d'identifier ces sinistres en base :

- L'élaboration d'un modèle à partir d'une seule et même vision d'un risque s'avère systématiquement sujette à caution.
- Le caractère exceptionnel des températures estivales (les plus importantes jamais enregistrées) entraîne de facto un défaut de représentativité de l'événement de 2003.

Le choix de ne pas intégrer dans l'étude les données sinistres d'autres années s'explique par :

- La faiblesse des volumes tant en nombre qu'en charge,
- Les réticences politiques à déclarer les communes en état de CatNat,
- L'évolution quasi-annuelle des critères permettant de déclencher ces procédures.

En conséquence, les informations sinistres sur des années « mineures », du point de vue de la subsidence, sont de fait faussées par ces contraintes bien trop éloignées de la réalité physique de cet aléa.

Nonobstant cette dernière remarque, il ne s'avère pas moins indispensable de compléter les observations de 2003 avec d'autres événements, plus modérés (notamment en ce qui concerne les températures), afin de proposer un modèle reposant sur un panel de données plus représentatif.

Une des perspectives de ce travail serait de se dégager de la vision actuelle des sinistres « sécheresse » adossée à des critères politiques en travaillant sur l'ensemble des sinistres liés au retrait et gonflement des argiles qu'ils soient survenus sur des communes déclarées ou non en état de CatNat.

Concernant, l'analyse du résultat et son positionnement par rapport à l'estimation réalisée par l'équipe des comptes d'AXA France IARD, il semble difficile de se prononcer au-delà des remarques précédentes compte tenu du différentiel existant entre la vision de la sinistralité

2003 et 2009. Néanmoins, le suivi actuel de l'évolution de la charge sinistre, révèle des chiffres cohérents et en phase aujourd'hui avec la sinistralité observée jusqu'ici, en tenant compte de la cadence de déclaration de ces sinistres.

## **Conclusion du quatrième chapitre**

Ce chapitre est le fruit de la mise en perspective des techniques d'analyse spatiale associées à des méthodes statistiques utilisées notamment en actuariat. Le recours à ces techniques permet de palier une partie des écueils rencontrés dans le chapitre précédent lors de la modélisation de l'aléa inondation, à savoir le manque quasi-systématique de données. Au final, une démarche d'évaluation des dommages est proposée. Elle se fonde sur une typologie des biens assurés selon le risque que chacune de ces catégories représente. Notre démarche a consisté en l'appropriation et l'adaptation des méthodologies propres aux domaines actuarielles, développées à des fins de segmentation de portefeuille et/ou de tarification dans une optique d'évaluation des dommages. En outre, la démarche adoptée s'appuie sur des méthodologies qui bénéficient du triple avantage d'être déjà éprouvées, de tirer le maximum d'informations des données disponibles et de recourir à des tests statistiques afin de valider les choix effectués et in fine, leur emploi.

La première section a détaillé l'ensemble des étapes de la méthodologie mise en place permettant d'aboutir à une estimation du risque financier. Cette démarche, malgré ses limites, procure l'avantage de proposer une première segmentation selon le risque qu'un bien représente, en combinant des caractéristiques propres aux biens assurés avec des facteurs d'exposition à un aléa ainsi que des variables reflétant les propriétés de l'environnement dans lequel le bien se situe.

Evidemment, la non connaissance de variables fondamentales pour l'estimation du risque inondation induit des incertitudes se traduisant, dans certains cas, par des écarts lorsque l'on compare, contrat par contrat, les résultats de la modélisation à la sinistralité observée. Mais, il est légitime de penser que de tels procédés sur des événements d'ampleur fourniront des résultats cohérents et proches de l'observé.

Les exemples pris dans la seconde partie de ce chapitre se déclinent autour des problématiques des crues éclair et du retrait / gonflement des sols argileux. L'objectif étant, d'une part, de proposer une vision du premier risque naturel en France, à savoir l'inondation et, d'autre part, de répondre à la problématique du provisionnement technique d'un aléa naturel à déroulement long. Dans ce dernier cas, l'estimation de la charge est un passage obligé lors notamment de la clôture des comptes. Pour ce risque, l'expérience a montré que la prise d'arrêtés de catastrophe naturelle peut intervenir plus d'une année après l'occurrence du phénomène, faussant potentiellement les montants provisionnés de charge.

Les choix effectués et les efforts consentis ont donc été orientés, d'une manière pragmatique, par les besoins métiers. En conséquence, les réponses apportées posent les premiers jalons quant au déploiement de ce type de démarche dans la société d'assurance AXA France. D'une manière générale, les éléments présentés procurent matière à réflexion en démontrant que les méthodes existent bel et bien. Cependant, des efforts sont à consentir pour leurs améliorations. Cela nécessite un recueil plus ample d'informations caractérisant les biens assurés lors de la souscription ou alors provenant de bases de données complètes et riches telle que le Référentiel à Grande Echelle proposé par l'IGN.

Enfin, les éléments présentés dans ce chapitre apportent leur pierre à l'édifice que constitue la problématique du coût des catastrophes d'origines naturelle ou technologique.

## **CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE**

Cette deuxième partie a permis de montrer que le recours à l'information géographique permet d'apporter des connaissances nouvelles autorisant l'élaboration de solutions répondant à certains des besoins exprimés par les professionnels de l'assurance au niveau du pilotage des risques d'origines naturelle ou technologique. Cette connaissance nouvelle se traduit en une véritable valeur ajoutée pour les métiers de l'assurance en apportant une vision plus déterministe de ces risques estimés, jusqu'alors, via des méthodes probabilistes voire, comme dans le cas du risque terrorisme/explosion, non estimés. Cette partie a mis l'accent sur les processus à mobiliser afin de tisser le lien entre le segment financement / coût des événements d'ampleur relatif au contexte industriel spécifique avec le contexte théorique spécifique à ces travaux via le recours à l'information géographique et à ses techniques associées.

Le troisième chapitre a décrit le processus d'intégration de la composante spatiale et a montré l'apport de connaissances engendré par cette voie ainsi que les limites inhérentes à chaque étape des processus sous-jacents. La contrainte de généralisation, propre à ce contexte, a imposé la mise en place d'une démarche reproductible s'appuyant sur des données directement disponibles en base de données pour son déploiement et non, sur des données complémentaires obtenues par des enquêtes de terrain. L'objet principal a été de faire état du potentiel et de l'apport, par des exemples concrets, de l'information géographique et de ses techniques associées aux différents aspects inhérents au pilotage de portefeuille. De ces exemples présentés, il ressort que la maîtrise de ces procédés par les professionnels de l'assurance amène des perspectives nouvelles pour le risque de souscription, le positionnement d'un portefeuille au regard d'un risque naturel ou technologique (cumul de risque), l'analyse des couvertures de réassurance ou encore, pour répondre à certaines exigences des normes de solvabilité. Au demeurant, des limites à l'application de certaines méthodes ont été soulevées, notamment dues à un manque de données ou d'observations. Concernant le risque d'explosion, l'emploi de l'information géographique a permis de construire un scénario déterministe pour estimer le coût d'une telle catastrophe et in fine, de traiter un risque jusqu'alors non estimé dans le calcul du capital économique requis par Solvabilité II.

Le quatrième chapitre s'est, quant à lui, attaché à la problématique de la conception d'un module de vulnérabilité permettant de pallier aux écueils rencontrés dans le chapitre précédent. Il présente plus spécifiquement une démarche de modélisation des risques naturels permettant de se dégager des contraintes imposées par le manque récurrent de données fiables, suffisamment détaillées pour concevoir un module de vulnérabilité au moyen de courbes de dommage. Le recours à l'information géographique, en complément des informations disponibles (directement dans le système d'information d'AXA France), a permis de mettre en place une approche permettant l'estimation de la vulnérabilité financière d'un bien assuré face à un aléa naturel comme l'inondation ou la sécheresse géotechnique. Au final, cela permet d'apporter une vision nouvelle des coûts estimés de la sinistralité sécheresse via une chronologie en phase avec les besoins inhérents au provisionnement technique, notamment du péril subsidence.

- De la disponibilité des données « métier »

Les éléments présentés s'inscrivent dans une logique pragmatique et témoignent des voies explorées pour apporter des informations permettant de créer ou soutenir le pilotage de ces risques. Mais la manne que représente l'accès aux bases de données sinistres d'un des leaders du marché de l'assurance trouve ses limites. L'existence des données est conditionnée par leurs utilisations dans les schémas classiques de l'assurance. L'ensemble actuel des informations disponibles en base résulte d'un héritage historique et des priorités métiers centrées, principalement, sur l'analyse de l'incendie, du vol et non, pour l'analyse des susceptibilités d'un bien face à des aléas tels que l'inondation, la sécheresse géotechnique, une explosion, ...

- Des limites de la qualité et de la connaissance des données géospatiales

Il faut ainsi insister sur la notion de qualité de l'information géographique qui s'impose comme un facteur majeur pour son intégration dans les processus métiers. L'information existante, notamment celle mise à disposition par l'Etat, ne se révèle pas être directement exploitable par des non-experts. Ces limites créent chez les assureurs un sentiment, une impression de manque de maturité. Le sujet se centre aujourd'hui sur la qualité des données disponibles et notamment leur fiabilité dans le cadre de tel ou tel usage. L'appropriation réelle et l'intégration complète de ces pans technique et technologique par les assurances passe par une phase d'apprentissage et de montée en puissance sur des sujets qui, jusqu'alors, restent en dehors du domaine de compétence de l'assureur.

- De l'enseignement sur l'étude des risques

D'une manière générale, les contributions sont centrées sur l'apport de l'information géographique dans les études de risque ou encore, sur le contrôle et la gestion d'un risque naturel fondés sur une approche segmentée selon l'exposition. A travers les exemples pris et les résultats présentés, les possibilités et limites inhérentes à ce type de démarche apparaissent clairement. L'intégration de la composante spatiale rend possible le déploiement des méthodes et techniques d'analyse spatiale pour l'analyse et la modélisation des risques d'origines naturelle ou technologique pour l'assurance. Le positionnement au cœur de l'analyse de la composante spatiale apporte aux professionnels de l'assurance une vision nouvelle de ces risques. L'opportunité que représente ce nouveau champ d'investigations se traduit, sur certains sujets, par des réponses concrètes à des besoins de la profession quant à l'estimation du coût de ces événements. Même si des imperfections et limites subsistent, il est clairement montré que, tant du point de vue de la démarche, de la méthode et des données, l'ensemble de la chaîne des procédés est réalisable, au prix d'adaptations, de structurations et d'agrégations de données provenant d'horizons multiples dont la vocation première n'est pas, a priori, axée sur la réalisation de telles études. En conséquence, l'ensemble des éléments présentés jusqu'alors démontre le potentiel de ce pan technologique et laisse ainsi augurer, dans l'avenir, de son développement au sein des assurances.

Globalement, cette partie apporte non pas un logiciel « clefs en main » mais une démonstration par l'exemple de la valeur ajoutée induite par l'emploi de l'information géographique pour répondre à la problématique de financement et donc de coût des

catastrophes. Ces travaux permettent de proposer une vision nouvelle sur des risques latents et constituent un socle d'informations autorisant à repenser voire même à élaborer de nouvelles stratégies d'appréhension de ces risques

Pour que l'intégration de l'information géographique soit complète, elle doit montrer en quoi et comment elle s'inscrit en profondeur dans la chaîne de valeur assurantielle. Dans cette optique, il convient de s'interroger sur le rôle et la place de cette création de connaissance nouvelle dans le cadre de la recherche d'une évolution constante des métiers de l'assurance. L'objectif, in fine, consiste à créer une situation d'avantage concurrentiel, dont un des moteurs, dans un marché ayant atteint son stade de maturité à l'instar de l'assurance dommage en France, n'est autre que l'innovation. Répondre à tout ou partie de cette problématique doit permettre d'envisager d'autres applications débordant du cadre instauré par la nouvelle législation et de toucher à d'autres aspects de la gestion des événements d'ampleur. La pertinence de la création de connaissances nouvelles et donc de l'adoption de pratiques novatrices au sein d'une société d'assurance fournirait matière à innover et, in fine, procurerait un avantage concurrentiel sur des secteurs du marché jusqu'alors inexplorés. La prochaine partie vise à explorer cette voie en montrant en quoi et comment ces connaissances nouvelles peuvent permettre de faire évoluer l'offre de service et de produit de l'assurance.

# **Partie 3 : Organisation de l'offre de service et d'assurance**

La troisième partie traite de l'enjeu de l'acquisition de nouvelles connaissances issues de l'information géographique pour l'évolution des métiers de l'assurance. Elle montre comment l'appropriation de ces connaissances peut amener au développement de services innovants ainsi qu'à l'ouverture de secteurs de marché. Cette partie permet de décrire le lien existant entre le segment gestion des événements d'ampleur propre au contexte industriel spécifique et le contexte théorique spécifique à ces travaux, à travers le recours à l'information géographique et à son intégration dans les processus métiers de l'assurance. Le cinquième chapitre propose une évolution du plan de gestion des événements d'ampleur en intégrant au sein de son processus l'information géographique. Le sixième chapitre décrit comment l'offre d'assurance peut être adaptée, réorganisée et même développée par l'appropriation de l'information géographique dans les processus de souscription. La mise en perspective de ces événements permet de compléter les réponses faites et d'explorer les derniers axes de recherche à l'origine de ces travaux à savoir l'évolution de l'offre de service et de la gamme de produit d'assurance.

---

# **CHAPITRE 5 :**

## **L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE SERVICE : LES ATTENTES POUR L'OPTIMISATION DU PGEA**

Le cinquième chapitre se fonde sur les briques de connaissances nouvelles apportées aux métiers de l'assurance par l'emploi de l'information géographique pour l'évolution de la gestion des événements d'ampleur. La première section décrit les attentes et les besoins pour créer un PGEA (Plan de Gestion des Evènements d'Ampleur) plus efficace sur l'ensemble du cycle propre à ces événements. La seconde section fait état des différentes offres possibles en matière de données climatiques et de prévisions météorologiques. La troisième section décrit un exemple de processus mis en place pour le traitement de ces informations permettant de produire une estimation de ces événements là où aucune information sinistre n'est disponible. Ce chapitre permet de démontrer en quoi et comment l'information géographique peut faire évoluer, par l'innovation, l'offre de service de l'assurance.

### **5.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA GESTION DES EVENEMENTS D'AMPLEUR**

L'événement d'ampleur est le terme consacré par l'usage, chez AXA France, pour désigner un aléa d'origines naturelle ou technologique dont les conséquences peuvent entraver le bon fonctionnement d'une institution, mettre en péril la santé des personnes ou encore l'intégrité d'un bien. L'événement d'ampleur est un terme en apparence simple. En réalité, il recouvre un large panel de questionnements, d'interrogations que ce soit au niveau de la société, de l'institution, de choix politiques, sur un sujet prégnant et touchant de près à la sécurité des biens et des personnes.

Il s'agit, en quelque sorte, d'une mise à l'épreuve de la société face à un élément perturbateur de l'équilibre en place. Il constitue, dans le contexte de ces travaux, un véritable révélateur tant sur le niveau de préparation, que sur la capacité d'absorption par un organisme figurant en première ligne lors de l'occurrence d'un tel événement. En conséquence, ces organismes se trouvent particulièrement exposés. Leur rôle de support sans faille est considéré comme un acquis de droit à la signature du contrat d'assurance. Le service délivré est entendu comme

naturel. Une défaillance dans la chaîne d'accompagnement du client sinistré est perçue comme un manquement à son rôle. Ajouté à ceci, la situation psychologique du client, ayant subi un traumatisme important, fait qu'il aura tendance à réagir de manière exacerbée. Pour résumer, un client satisfait n'évoquera pas spontanément ce sujet. En revanche, un client mécontent qui, par exemple, n'arrive pas à joindre son assureur et doit attendre des semaines voire des mois pour qu'un expert vienne évaluer le montant des dommages subis, sera plus enclin à faire part de son expérience à son entourage.

L'enjeu sous-jacent s'avère bel et bien de premier ordre puisqu'il touche à l'image de marque de l'entreprise dans son ensemble. Gagner puis conserver la confiance d'un client, jouir d'une bonne image sur un marché, tout cela résulte d'un travail de longue haleine pouvant être balayé d'un simple revers par l'occurrence d'événements pouvant engendrer de graves dysfonctionnements voire, dans le pire des cas, une rupture dans le service client. Tout l'enjeu réside donc dans la capacité à faire face à une situation où se mêlent tensions économiques et sociales ; ingrédients qui peuvent mener, en cas de non-maîtrise de la crise, au débordement d'un ou plusieurs acteurs en charge de sa gestion.

## 5.2. DESCRIPTION DES ATTENTES

« Face à l'inconnu, la première exigence est de se doter des moyens de collecte systématique des données. » (Lagadec, 1991). Cette phrase souligne la nécessité de structurer les efforts et la manière d'appréhender la situation à venir et / ou qui est déjà en cours. Elle émane d'une position en faveur de la recherche d'informations premières sur le déroulé de l'événement ce qui permet de prendre la mesure de son ampleur. Dans cette optique, diverses solutions ont été envisagées afin de mettre en place un plan d'actions tentant d'assurer à la fois un processus de veille et également de fournir des éléments suffisants pour estimer autant que faire se peut les conséquences de l'événement. Les raisons qui ont amené à s'intéresser à ce sujet sont multiples. D'une part le marché est aujourd'hui sensibilisé au sujet de l'alerte et la prévention et se trouve marqué par l'occurrence de phénomènes d'ampleur dans un passé récent (Klaus en 2009, Xynthia et les inondations du Var en 2010). Ensuite, le contexte admis de changement climatique (IPCC, 2007) contribue à sensibiliser les assureurs sur ce sujet en annonçant une occurrence accrue d'événements climatiques extrêmes (Menne et al, 2006 ; FFSA, 2009).

En poussant la logique vers laquelle tend cette recherche, l'idéal serait, pour une société d'assurance, de posséder un système permettant d'alerter, client par client et selon sa propre exposition, de la survenue imminente d'un événement pouvant porter atteinte à sa propre sécurité, à celle de sa famille, de ses proches ainsi qu'à ses biens. Dans ce domaine, des auteurs ont démontré l'efficacité de recourir à l'information géographique et au SIG pour réaliser ce type d'analyse (Bernier et al, 2009).

### **5.2.1. Des informations indispensables**

Avoir la capacité de prévenir nos clients en anticipant un risque météorologique latent, implique de facto une phase d'interprétation de données météorologiques (observées et issues de modèles climatiques). L'information résultant de cette phase doit être suffisamment claire et objective afin d'autoriser une prise de décision sereine vis-à-vis du déclenchement du processus de vigilance météorologique.

De ce procédé, deux informations présentant un intérêt majeur apparaissent pour l'optimisation du :

- La première concerne la phase d'estimation de l'intensité de l'aléa météorologique (est-il susceptible de générer des dommages ?). Cette étape de qualification de l'aléa constitue un véritable levier. C'est sur elle que doit s'adosser la décision d'activation de la cellule de crise ou de pré-crise, de manière similaire au déclenchement de la vigilance météorologique envers les clients.
- La seconde concerne la dimension quantitative de l'aléa météorologique en cours. Le ciblage des clients potentiellement exposés implique la détermination des territoires soumis à l'événement. A ceci s'ajoutent les informations sur l'événement en lui-même (par exemple les vitesses de vent lors d'une tempête) utilisées pour l'évaluation de l'intensité et donc, in fine, pour le déclenchement de l'alerte. Ces données constituent la pierre angulaire du procédé d'estimation de la sinistralité escomptée, dont résulte un support d'aide à la décision pour les acteurs de la cellule de crise (nombre et coût des sinistres attendus par zones géographiques) en objectivant la situation en cours ou à venir.

Les informations nécessaires à l'optimisation du PGEA s'avèrent donc totalement complémentaires à celles inhérentes à la prévention des clients.

### **5.2.2. Les informations attendues selon la dynamique de l'événement**

Selon la phase dans laquelle on se situe, les besoins d'informations sur la situation en cours diffèrent. Il faut distinguer deux périodes : l'une hors crise et l'autre, juste avant et pendant la crise.

#### *5.2.2.1. Hors période de crise*

Pendant les périodes de transition, soit entre deux événements, l'information attendue consiste en la réception d'un bulletin d'informations comprenant les observations ainsi que les prévisions pour les jours à venir. Ajouté à cela, le bulletin d'alerte doit fournir une information indiquant la probabilité d'occurrence d'un événement d'ampleur sur la base des observations et des prévisions météorologiques.

En cas de forte probabilité d'occurrence d'un événement météorologique d'ampleur, un nouveau bulletin de couverture nationale doit être fourni permettant d'identifier les territoires exposés en précisant pour chaque aléa et sur la base des prévisions :

- le niveau de risque : événement local, étendu ou de grande étendue,
- l'intensité de l'événement sur le ou les territoires concernés : dommage faible, moyen, fort.

Ces premières données, anticipant l'événement, doivent permettre de juger de leurs impacts en cas de réalisation de ces prévisions. L'intérêt ici consiste à prédire si l'événement anticipé est susceptible de générer une sinistralité qualifiée d'atypique (supérieure à un certain montant à prédéfinir).

Afin d'assurer une certaine attention pour ce type de bulletin, il convient de ne pas multiplier les envois d'informations pendant ces périodes. Une surcharge d'envois entraînerait, à n'en pas douter, un désintérêt quant à ce type de message.

#### 5.2.2.2. *Période de crise*

En cas de risque météorologique avéré (cellule de crise mobilisée et événement météorologique en cours sur le territoire métropolitain) et en sus des bulletins de prévisions, un troisième bulletin national faisant état de la situation pour chaque aléa (exemple de Xynthia) doit être fourni à un pas de temps quotidien.

A ce stade et dans l'idéal, toutes informations disponibles et relatives aux caractéristiques physiques, relevées in situ, de l'événement (hauteur de précipitations, hauteur d'eau locale, vitesse de vent, direction de la dépression et de son centre, taille des grêlons, etc) doivent figurer dans le bulletin. Enfin, une information sur la probabilité de l'évolution de l'aléa en cours de déroulement doit figurer.

Ces informations doivent permettre de dresser un bilan de la situation en cours, d'affiner l'évaluation de la situation et des estimations de la sinistralité (nombre et coût).

#### 5.2.2.3. *Détail du contenu*

Dans une optique opérationnelle, un certain nombre d'informations s'avère nécessaire afin de produire la vision la plus claire possible de l'ampleur de l'événement. En ce sens, les éléments fournis doivent comporter une cartographie nationale indiquant les territoires touchés ainsi que l'intensité maximale de chaque aléa sur ces zones (carte combinant des observations de temporalités différentes). Cette carte doit être complétée par des commentaires précisant les informations sur la situation actuelle et son évolution probable.

Selon le péril en cours, les informations utiles quant à leur appréhension sont les suivantes :

- cartographie des vitesses de vent maximales observées (tempête),
- cartographie des cumuls pluviométriques (pluie et neige),
- cartographie des territoires impactés par la grêle et selon la taille des grêlons,
- cartographie de l'emprise maximale de la crue (lorsque celle-ci est débordante).

Concernant la chronologie, ces lots de données doivent être fournis jusqu'à représenter, au plus juste, la situation réelle (cartographie de l'intensité maximale de chaque aléa sur l'ensemble du territoire).

#### 5.2.2.4. *Format de diffusion*

Ces données ont un double rôle. En premier lieu, il s'agit de diffuser l'information au responsable de la cellule de crise en lui fournissant les éléments pertinents quant à l'activation des processus de gestion des événements d'ampleur. Afin d'en faciliter la diffusion, l'ensemble des bulletins et des données doivent être fournis sous une forme de plaquette construite de manière la plus didactique possible en mettant en exergue les différents éléments cités jusqu'ici (probabilité d'occurrence, territoires touchés, niveau de dommage attendu...). En parallèle, la couverture des besoins s'étend jusqu'à l'aspect technique du traitement de ces informations pour produire une estimation de l'impact de l'événement sur les portefeuilles d'assurés. Dans cette optique, l'idéal consiste à recevoir les différents zonages et cartographies dans un format numérique géoréférencé permettant leurs intégrations dans un SIG.

Puisque AXA France ne dispose pas aujourd'hui de service dédié à la veille climatique, des partenariats avec des prestataires opérant dans ce milieu sont à envisager. Une revue des principaux organismes spécialisés en la matière a été effectuée. L'enjeu consiste pour ce genre d'exercice à obtenir le meilleur compromis entre les exigences et besoins métiers évoqués ici et la disponibilité de ces données selon les coûts des prestations proposées.

### **5.3. LES SOLUTIONS MARCHE**

Le but visé ne consiste pas, ici, à révéler des détails plus ou moins confidentiels issus des prises de contacts et des entrevues réalisées avec les professionnels du secteur. Il s'agit plutôt de mettre en exergue l'éventail des possibilités offertes dans un marché régi par les difficultés inhérentes à un exercice, marqué par des incertitudes encore fortes à savoir la prévision météorologique et climatique.

#### **5.3.1. Systèmes de veille d'actualités personnalisées**

La société Ubyrisk Consultants propose un outil de veille thématique personnalisé en temps réel. Elle fournit une lecture des événements en cours de déroulement ou à venir. Son champ d'action concerne essentiellement les risques naturels, que ce soit à l'échelle d'une zone géographique donnée, d'un pays voire même à l'international.

Le service proposé est personnalisable et peut être restreint à une thématique donnée répondant à des critères spécifiques préalablement définis comme la localisation géographique, le type de péril, ou selon certains mots clés précis... Ce système de veille repose soit sur un service de mails permettant de recevoir automatiquement tous les articles répondant aux critères prédéfinis soit par flux RSS (mise à jour automatique d'un fichier).



19 AU 23/08 : ALERTE AUX FORTES PLUIES ET AUX INONDATIONS POUR LE NORD DE LA CHINE

La Chine a mis en garde contre la survenue possible de coulées de boue du fait de fortes pluies attendues dans certaines régions dans les quatre jours à venir, a annoncé le Centre national du contrôle des inondations et de la lutte contre la sécheresse.

De fortes pluies s'abatront sur le nord-ouest, le bassin du Sichuan, le nord et le nord-est de la Chine. Les régions concernées, en particulier les provinces du Sichuan, Yunnan, Gansu, Shaanxi et Henan et la municipalité de Chongqing, doivent prendre davantage de mesures pour se prémunir contre d'éventuelles catastrophes que ces nouvelles précipitations pourraient engendrer, telles que des inondations de vallées, des glissements de terrain et des coulées de boue dans les zones montagneuses.

Tout en poursuivant leurs opérations de secours dans les zones de Zhouqu et Wenchuan frappées par des coulées de boue, les provinces du Gansu et du Sichuan doivent multiplier leurs efforts pour prévenir d'autres catastrophes possibles.

Source : Xinhua

01 - NOUVELLE COULÉE DE BOUE DANS LE YUNNAN (CHINE) : 92 MORTS

Caractérisation de l'événement
Date : 16 août 2010
Aléa : Inondations et coulées de boue
Péris : Ruissellement
Sous-péris : Ruissellement rural (coulée de boue)
Indice de gravité (sur 6 max de h ou m) : 3
- Indice csq humaines (h) : 3
- Indice csq matérielles (m) : 2

[+ d'info](#)

Localiser l'événement

Après la mort de deux personnes et la disparition de 90 autres dans des coulées de boue survenues dans des montagnes isolées de la province du Yunnan (sud-ouest), des sauveteurs s'attendent à la découverte de nouveaux corps. La plupart des disparus étaient des employés de la mine de fer Yujin et des villageois du bourg de Puladi, dans le district autonome Drung-Nu de Gongshan, où des coulées de boue sont survenues mercredi vers 01H30.

Plus de 1 000 habitants ont été évacués et environ 30 blessés sont hospitalisés. Les coulées de boue ont ravagé une superficie d'environ 8,7 hectares et ont laissé presque 300 000 mètres cubes de boues et roches. Au moins dix camions transportant du minerai de fer et 21 maisons ont été ensevelis. Les routes ont été endommagées et l'approvisionnement en électricité et les communications interrompus.

Les coulées de boue ont également détruit un pont et bloqué certaines parties de la rivière Nujiang, levant le niveau de l'eau en amont de 6 mètres.

Les autorités centrales et locales ont alloué des fonds d'urgence, envoyé des équipes de secours et distribué des tentes, des couvertures, des pardessus, des vêtements et du riz à la région sinistrée.

Plus de 1 100 personnes, dont des agents de police, des pompiers et des troupes frontalières, ont été mobilisées pour les opérations de secours dans les régions montagneuses peu peuplées à la frontière entre la Chine et le Myanmar.

Les coulées de boue ont été provoquées par des jours de pluies torrentielles, ont indiqué les autorités locales.

Source : Chine Nouvelles



Vous recevez cet email car votre société est abonnée à notre service CATNAT Newsm@il  
Pour toute question relative à ce service vous pouvez nous contacter par email : [contact.catnat@gmail.com](mailto:contact.catnat@gmail.com) ou par téléphone au 05 57 51 58 85  
CATNAT Newsm@il est un service exclusif proposé par UBYRISK Consultants

Figure 5-1 : Exemple d'un bulletin CatNat émis par Ubyrisk.

Dans le cadre de ces travaux, cette solution offre l'avantage d'assurer une veille « climatique » et permet d'épargner ce processus en interne. Cependant, les informations fournies restent imprécises dans le sens où elles ne sont pas accompagnées d'un zonage des territoires impactés selon le degré d'intensité de l'événement. Ce service peut être résumé à une synthèse des informations disponibles qu'elles soient fournies par les services de Météo-France, les services de climatologie disponibles sur le Web ou toutes autres sources d'informations.

D'une manière générale, il ressort que le service proposé offre une information pertinente quant à l'activation de la cellule de crise en dégageant les décideurs de la recherche de ces informations. Néanmoins, force est de reconnaître que le service ne couvre que partiellement les besoins exprimés et doit être envisagé en complément d'une autre solution permettant de combler ces lacunes au regard de la problématique de ces travaux.

### **5.3.2. Système de surveillance climatique**

Météo-France propose des services de surveillance climatique adossés à leur réseau de stations météorologique et de radars. Eu égard à leur position sur le marché français, Météo-France est plus à même de fournir un ensemble complet de données météorologiques tant du point de vue de la prévision que des relevés en temps réel.

Le service proposé couvre le périmètre de la France métropolitaine. Il se fonde sur des critères de sélection pouvant être des seuils de dépassement (vitesse de vent, température...), l'occurrence d'un phénomène (grêle, neige...) ou encore une combinaison entre l'occurrence d'un phénomène et le dépassement d'un seuil.

Concernant la prévision, le filtre est restreint à un groupe d'environ 700 communes. Cette restriction est justifiée en raison des temps de calcul des modèles ainsi que des temps d'affichage des cartes. Une sélection drastique des communes à surveiller doit donc être opérée dans une optique de mise en place de cette solution.

Concernant la présentation du système de surveillance, deux modes de visualisations sont proposés. L'un s'appuie sur une représentation à l'aide de pictogrammes et l'autre se fonde sur une cartographie de la zone climatique en alerte.

Un problème de lisibilité de ces cartes provient de l'affichage unique d'un pictogramme par commune. Une hiérarchisation des phénomènes climatiques est à mettre en place. Ainsi en cas d'orage et de vent violent, seule l'une de ces deux informations apparaîtra sur la carte.

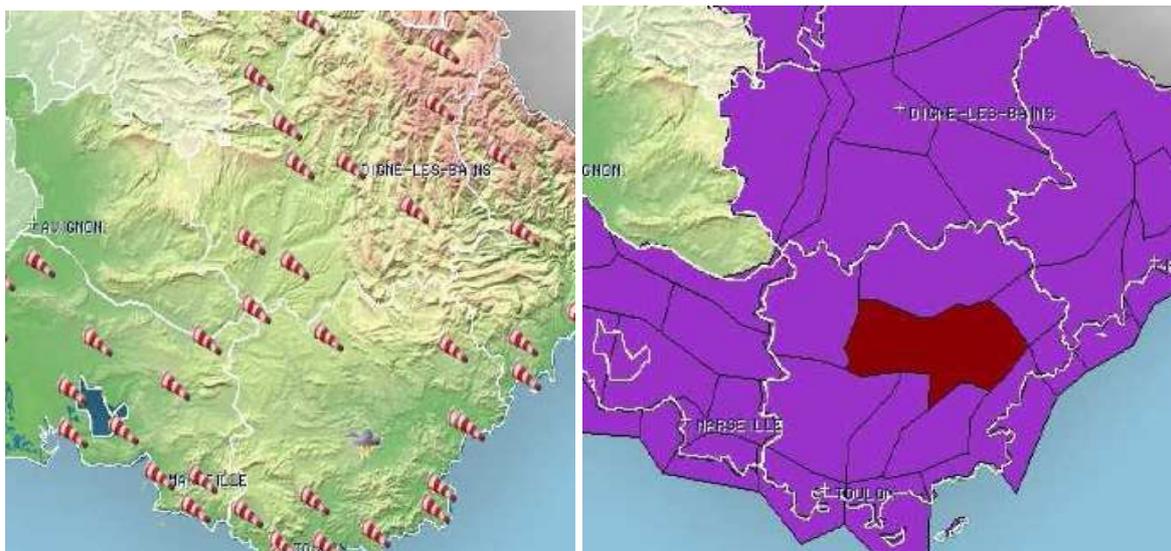


Figure 5-2 : Exemple de visualisation des données proposée par Météo France (source : Météo France).

L'accès aux prévisions détaillées à l'échelle de la commune se fait par la sélection de la commune. L'ensemble des prévisions s'affiche sur une fenêtre temporelle allant jusqu'à 48h et les paramètres affichés correspondent à ceux paramétrés dans les alertes.

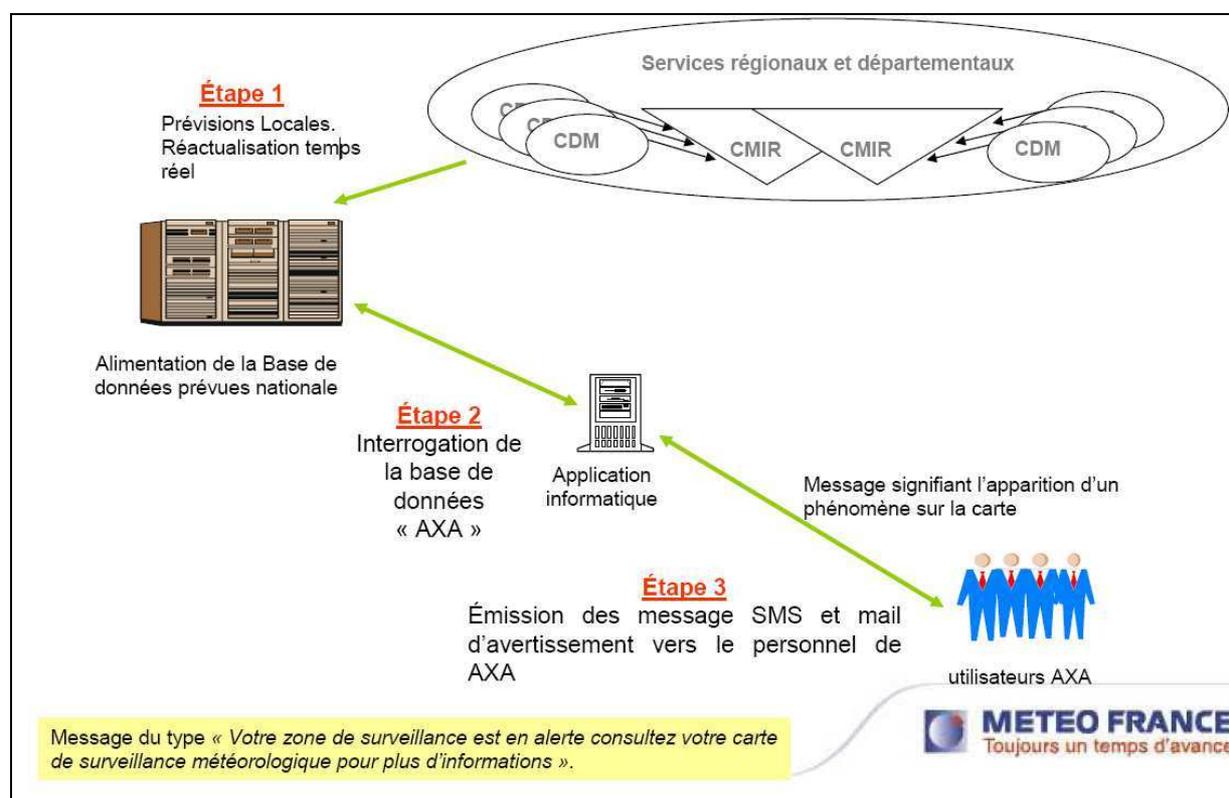
Les paramètres à l'origine de l'alerte sont mis en évidence dans le tableau par un système de colorisation des cases. Les couleurs utilisées sont identiques à celles de la carte de surveillance.



Figure 5-3 : Exemple de prévisions détaillées à la commune fournies par Météo France (Source : Météo France).

Cette figure illustre les informations disponibles en lecture directe lors de la sélection d'une commune « surveillée ». Il ressort une synthèse des différents paramètres climatiques ainsi

qu'une vision des cumuls. Les codes couleurs permettent de mettre en évidence le type de phénomène en cours ou à venir sur la commune considérée.



**Figure 5-4 : Les principales étapes pour l'adressage du message d'alerte de Météo France à AXA (Source : Météo France).**

Afin de dispenser les décideurs en charge de l'activation de la cellule de crise d'une veille permanente, un système d'alerte via le mail ou SMS est proposé afin de diriger les personnes concernées vers le site sécurisé de Météo France, où les informations décrites précédemment sont visibles. La solution proposée revient à mettre en place un filtre considérant les seuils d'alerte et/ou d'événement mis en place sur les 700 communes surveillées avant d'émettre les messages à destination des personnels en charge de l'évaluation des situations climatiques.

A ce stade, diverses interrogations surviennent, notamment le choix limité à 700 communes pour la mise en place d'un service de veille. Sur des phénomènes pouvant avoir des impacts très limités spatialement comme les phénomènes de grêle ou encore une inondation éclair, cette restriction apparaît comme rédhibitoire. La crainte étant d'acquiescer un système de veille perméable dans la mesure où des aléas sont susceptibles de passer entre ce maillage plutôt large puisqu'il correspond à environ 2% des communes du territoire national.

### 5.3.3. Service de prédiction

La recherche de solutions plus personnalisées, dans le sens où elles seraient plus à même de répondre à nos besoins, est envisagée. La société Predict Services constitue une piste intéressante. Elle a été créée par Météo-France, Infoterra France et BRL pour répondre au besoin d'une assistance personnalisée à destination des collectivités. Elle propose un service d'aide à la décision en matière de gestion du risque inondation. La valeur ajoutée de Predict Services tient en l'intégration et l'analyse faites des données par des modèles climatiques et/ou hydrologiques, avant d'être restituées à ses clients.

Différents niveaux de services sont proposés. Le premier niveau consiste à informer l'assuré d'un éventuel risque climatique. D'une manière pragmatique, le service se compose :

- D'un message envoyé par SMS, email ou disponible sur le site,
- D'une information très généraliste (relai des informations de Météo-France par exemple),
- De la possibilité d'envoyer une information de précaution « basique »,
- D'un service adapté uniquement aux particuliers,
- D'un service reposant sur les informations délivrées par Météo France.

Le deuxième niveau permet d'introduire la notion de conseil, avec :

- Une cellule de crise « Predict Services » qui mesure l'importance du niveau de vigilance et décide de communiquer ou non à l'assuré,
- Un envoi de message personnalisé par SMS/Email avec possibilité de renvoyer le client sur un espace dédié contenant des informations de prévention adaptées au profil du client,
- Un traçage précis et une prévisibilité forte des événements mobilisant des ressources, modèles et experts dédiés,
- Un service adapté à la fois aux particuliers, aux entreprises et collectivités.

Et le troisième niveau vise à l'action en accompagnant les clients à :

- Elaborer un plan d'action pour anticiper et gérer une alerte,
- Mettre à disposition des éléments permettant le déploiement de :
  - Plan de continuité d'activité pour l'entreprise,
  - Plan familial de sécurité (en cours de réalisation auprès du gouvernement) à destination des particuliers,
- Analyser la sinistralité pour, le cas échéant, dresser un bilan suite à un événement.

Eu égard au positionnement de Predict Services en tant qu'expert en matière de gestion du risque inondation, ces propositions ont retenu l'attention d'AXA France. Afin d'étudier précisément la capacité de tels procédés, une étude a été menée sur le retour d'expérience des crues éclair survenues le 15 juin 2010 dans le département du Var.

Pour cela, Predict Services a accepté de fournir sa propre estimation de l'événement du Var dans les conditions du temps réel. Dans la pratique, cela revient à fournir à une heure précise une liste de communes susceptibles d'être impactées par l'événement.

#### 5.3.3.1. Zoom sur l'épisode du Var le 15 juin 2010

Le 14 juin, Météo France place tous les départements de la région PACA (Alpes Maritimes, Var, Bouches du Rhône, Alpes de Hautes Provence et Hautes Alpes) ainsi que le Gard, la Drôme et l'Ardèche en vigilance orange « Pluie-Inondation ». Les deux départements de la Corse sont en vigilance orange pour des « Orages Forts ». Le 15 juin, la situation reste inchangée, hormis les départements du Gard et de l'Ardèche qui passent en vigilance jaune (15 juin 2010 à 16h). A compter du 14 juin, une goutte froide descend sur les côtes Atlantiques et vient se placer sur le Golfe de Gascogne en soirée. Cette dernière génère des remontées pluvio-orageuses intenses sur la Corse en cours de nuit.

D'autres pluies orageuses s'organisent en matinée du 15 juin sur la Méditerranée et touchent l'Est des Bouches du Rhône, puis le département du Var (plus précisément sur le secteur de la commune d'Hyères).

En cours de journée du 15 juin, ces pluies orageuses intenses, qui ont laissé des cumuls conséquents sur le secteur d'Hyères, se décalent lentement vers l'Est, et se bloquent sur le secteur de Draguignan. Une deuxième vague de pluies orageuses s'organise en fin de journée, touchant le secteur de Sainte-Maxime, puis remonte en direction du Nord-Ouest en passant une nouvelle fois sur Draguignan et ses alentours.

A noter que des cumuls importants sont également observés sur l'arrière-pays méditerranéen (limite Alpes de Hautes Provence-Vaucluse), plus particulièrement sur les alentours de la commune de Sisteron.

L'activité électrique est significative sous les cellules orageuses organisées en ligne et principalement situées du littoral varois jusqu'au large. En soirée, l'activité électrique la plus importante se concentre essentiellement au large. Sur l'intérieur des terres, l'essentiel de l'activité électrique est observé sur le Var dans la journée du 15 juin 2010. La majorité des dégâts a été occasionnée en début de soirée.

Predict Services livre ses informations sur la situation en cours ainsi que la perception de son évolution au cours du temps. Le service est activé dès la journée du 14 juin et les bulletins d'informations sur les risques en cours ou à venir, délivrés dès 9h15 le 15 juin. D'autres suivront à 10h30, 12h00, 13h30, 15h00 et 16h30. Le tableau ci-dessous est un exemple des informations diffusées par Predict Service au cours de l'événement.

DATE – HEURE	SITUATION	MESSAGE	COMMUNES
15/06/2010 à 15h00	 <p style="text-align: center;"><b>Carte Radar à 15h00</b></p> 	<p>Pluies très fortes toujours bloquées. Risques d'inondations très sévères sur le secteur de Draguignan par <b>débordements généralisés de la Nartuby, de l'Aille, du Réal, Riaille, Florieye et de tous les cours d'eau torrentiels. Risque de crue importante de l'Argens.</b></p>	<p>DRAGUIGNAN AMPUS CHATEAUDOUBLE FIGANIERES LES ARCS TRANS-EN-PROVENCE LA MOTTE LE MUY LORGUES TARADEAU VIDAUBAN FLAYOSC MONTFERRAT CALLAS TOURTOUR VILLECROZE BARGEMON CLAVIERS</p>

**Figure 5-5 : Extrait du bulletin d'alerte délivré à 15h00 par Predict Services lors de l'inondation du Var le 15 juin 2010.**

L'ensemble des informations fournies par Predict Services a été analysé au regard de la sinistralité observée du portefeuille MRH d'AXA France IARD lors de cet événement. L'objectif consiste à se forger un avis d'une part, sur la qualité des informations pour identifier les territoires effectivement sinistrés et d'autre part, sur la capacité d'anticipation des événements. La mise en place d'un système d'alerte efficient nécessite de disposer d'un temps de latence confortable entre la certitude de la survenance d'un événement, l'identification des territoires qui vont être impactés et la diffusion d'une alerte à destination du client. L'efficacité d'un tel service nécessite qu'en bout de chaîne, les clients alertés disposent du temps nécessaire pour adapter leurs réactions, se protéger eux et leurs biens.

Les tableaux ci-dessous mettent en perspective les listes de communes visées par Predict Services selon l'heure de diffusion des données avec le nombre de sinistres et la charge observée.

**Tableau 5-1 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services à 9h15, 10h30 et 12h00.**

	Total	Communes visées 9h15	%	Communes visées 10h30	%	Communes visées 12h00	%
<b>Nb commune</b>	<b>149</b>	<b>10</b>	6,7%	<b>42</b>	28,2%	<b>42</b>	28,2%
NB MRH	1 430	29	2,0%	1 020	71,3%	1 020	71,3%
Charge MRH (M€)	18,8	0,1	0,3%	12,6	67,0%	12,6	67,0%
NB RI	75	3	4,0%	39	4,0%	39	4,0%
Charge RI (M€)	13,3	0	1,7%	5	39,0%	5	39,0%
NB AUTO	660	14	2,1%	406	61,5%	406	61,5%
Charge AUTO (M€)	4,1	0	0,7%	2	53,7%	2	53,7%

**Tableau 5-2 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services à 13h30, 15h00 et 16h45.**

	Total	Communes visées 13h30	%	Communes visées 15h00	%	Communes visées 16h45	%
<b>Nb commune</b>	<b>149</b>	<b>19</b>	12,8%	<b>16</b>	10,7%	<b>31</b>	20,8%
NB MRH	1 430	1 112	77,8%	851	59,5%	1 215	85,0%
Charge MRH (M€)	18,8	17,3	92,2%	11,6	61,7%	18,1	96,1%
NB RI	75	54	72,0%	30	40,0%	62	82,7%
Charge RI (M€)	13,3	13	94,5%	5	37,6%	13	96,0%
NB AUTO	660	615	93,2%	381	57,7%	631	95,6%
Charge AUTO (M€)	4,1	4	99,1%	2	53,7%	4	99,1%

En supplément de ces informations prévisionnelles, Predict Services a fourni un zonage post-événement selon les informations à sa disposition 24h après l'événement.

**Tableau 5-3 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services 24h après l'événement.**

	Total	Communes Dégats "Majeur"	%	Communes Dégats "Modéré"	%
<b>Nb de commune</b>	<b>149</b>	<b>41</b>	27,5%	<b>19</b>	12,8%
NB MRH	1 430	1 293	90,4%	48	3,4%
Charge MRH €	18,8	18,5	98,5%	0,1	0,7%
NB RI	75	64	85,3%	3	4,0%
Charge RI €	13,3	13	96,2%	0	1,7%
NB AUTO	660	641	97,1%	16	2,4%
Charge AUTO €	4,1	4	99,1%	0	0,9%

Les éléments fournis par Predict Services permettent de cibler une partie des communes sur lesquelles la sinistralité se concentre. Au regard de ces chiffres, les prévisions de Predict Services semblent très pertinentes d'autant que le périmètre des communes visées se trouve réduit.

Cependant, un point soulève une interrogation avec la perte de la qualité "prévisionnelle" observée à 15h00 soit quatre heures avant l'événement, là où la prise de décision doit s'opérer (ie, délai d'envoi, délai pour l'organisation des assurés, application des consignes de sécurité, ...).

Outre ces chiffres, il convient également de s'intéresser à l'aspect prévention et alerte des clients assurés. Dans cette optique, le dénombrement des assurés sur ces communes permettrait d'analyser la fréquence de sinistres.

**Tableau 5-4 : Part de la sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services.**

Communes Visées à :	Nb de communes	Nb Contrats MRH 2010	Nb Sinistres MRH	% de Contrats Sinistrés dans ces Communes	Part de la sinistralité Totale (MRH 1 430 sinistres)
9h15	33	33 559	29	0,1%	2,0%
10h30	56	28 625	1 020	3,6%	71,3%
12h00	56	28 625	1 020	3,6%	71,3%
13h30	24	14 725	1 112	7,6%	77,8%
15h00	18	6 999	851	12,2%	59,5%
16h45	38	27 316	1 215	4,4%	85,0%
Communes Dégats Modérés	212	40 062	48	0,1%	3,4%
Communes Dégats Forts	50	32 151	1 293	4,0%	90,4%

Ce tableau montre la part des assurés sinistrés d'après le zonage fourni par Predict Services. Diverses informations ressortent. La première concerne le pourcentage de contrats sinistrés au niveau communal qui oscille entre 3 et 12%. Il pointe ici, dans une optique d'alerte et de prévention aux clients, une des limites du zonage communal proposé par Predict Services. Toutefois, il apparaît que la perte prévisionnelle en termes de charge et de nombre de sinistres

à 15h00 est à mettre en relation avec l'augmentation du pourcentage de sinistralité sur la zone visée.

Force est de constater que les limites du zonage communal, proposées ici dans une optique d'alerte et de prévention aux clients, sont importantes. Les informations fournies révèlent que, dans le meilleur des cas, seuls 85% des clients effectivement sinistrés (en MRH) sont captés par les prévisions de Predict Services. Cela laisse donc près d'un sinistré sur six à la marge de ce système.

Si l'on ajoute à cela la variation des périmètres prévisionnels même à quelques heures de l'événement, il ressort d'importantes difficultés et incertitudes quant à la réalisation d'un ciblage fiable des assurés à prévenir. A ce stade, se pose la question de la responsabilité endossée par la diffusion d'un tel message. Proposer un service d'alerte peut être perçu d'au moins deux manières différentes :

- La première concerne l'image de la marque et sa crédibilité en la matière. Envoyer une alerte à un client qui ne subira pas de dommage ou qui ne verra pas d'événement exceptionnel se dérouler, dévalorise l'information délivrée et en diminue d'autant son efficacité. A terme, le risque est de voir les messages d'alerte restés vains et ne plus susciter ni attention particulière ni donc de réactions.
- Dans un second temps, ce type de système peut engager la responsabilité, si ce n'est légal, a minima morale de celui qui entreprend une telle démarche. Un client assuré ayant souscrit et faisant confiance à ce service verra son comportement modifié selon le fait qu'il reçoive ou non une alerte. Dans ce cas, il peut y avoir des interférences avec les systèmes d'alerte publique. Bien qu'il soit évident que ce type de service ne doit se substituer d'aucune manière aux pouvoirs publics, il n'en demeure pas moins que des messages contradictoires peuvent être reçus par l'assuré. Une absence d'alerte peut s'avérer préjudiciable dans le sens où elle peut inciter à avoir un comportement normal, par exemple, prendre sa voiture.

La problématique de la mise en place d'un tel service se décline donc entre efficacité (envoyer un message qui ait un réel impact) et responsabilité, d'autant que l'équilibre entre les deux peut se révéler mince. La prudence voudrait que l'on se place dans une optique de compléments des messages émanant de la sécurité publique en touchant les clients sur leurs objets personnels tels que les téléphones portables via l'envoi de SMS. Un des avantages de la mise en place de cette approche peut être la multiplication des canaux de diffusion des messages d'alerte en supplément des moyens « classiques » de communication à savoir les alertes radio ou télé diffusées. Sur ce sujet touchant de près à la sécurité civile, le ciblage des clients à alerter doit être large. Une solution en cours d'investigation consiste à se demander si un message gradué peut être envisageable, l'un prévenant d'un aléa climatique pour la région dans laquelle se trouve l'assuré et l'autre étant un message d'alerte où la probabilité de subir des dommages serait élevée.

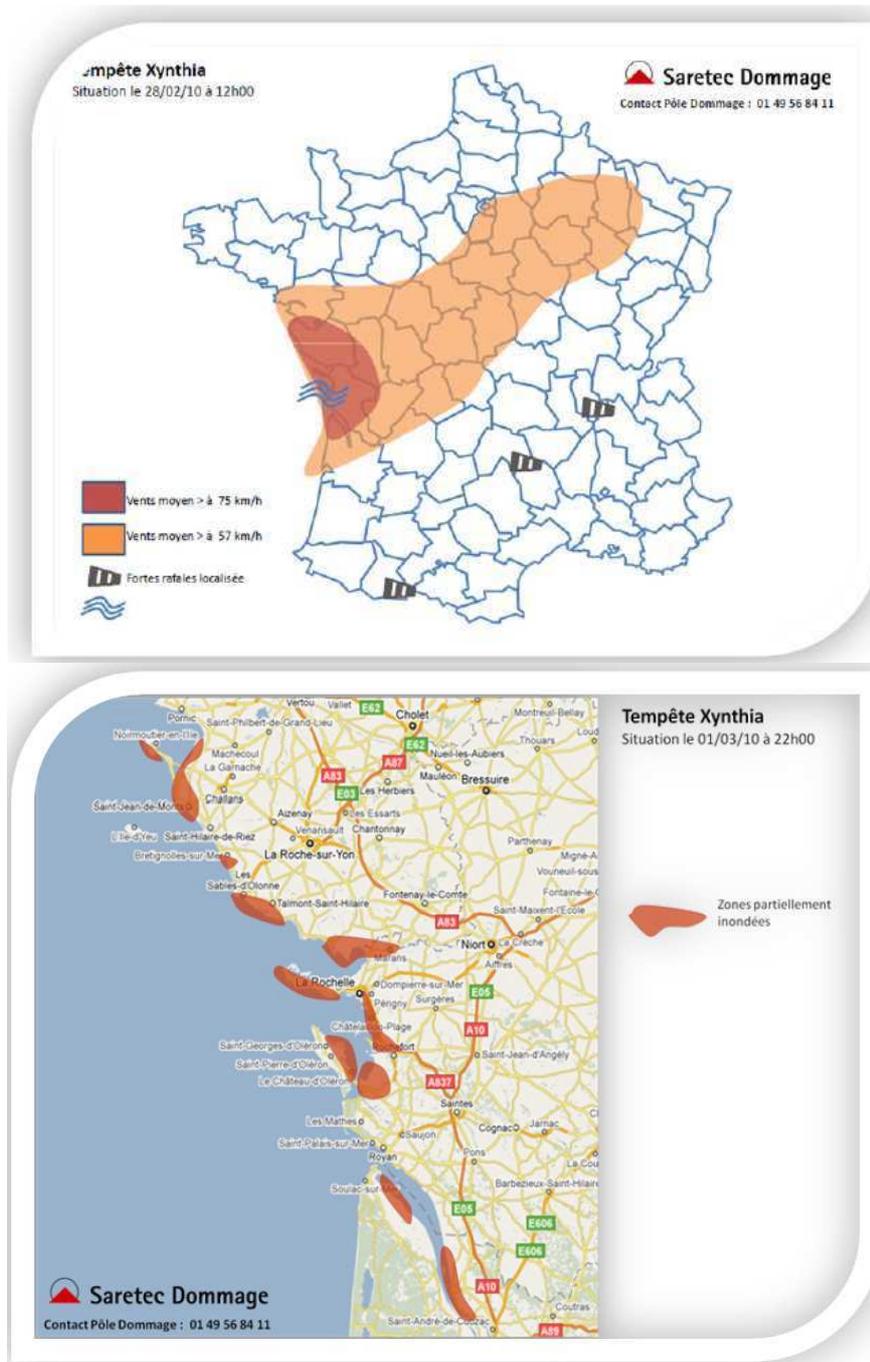
Dans un dernier temps, le profil de Predict Services spécialiste de la gestion du risque inondation ne permet pas de répondre aux besoins également forts pour les périls naturels autres que l'inondation. Un temps de montée en compétence sur ce sujet de la part de cet organisme est nécessaire afin qu'il soit en mesure d'aligner le niveau de sa prestation sur celui de l'inondation.

### **5.3.4. Service pour le missionnement d'experts**

Le groupe Saretec est, notamment, spécialisé dans l'expertise des dommages. Pour son propre besoin Saretec a développé des outils de prévision et de mise en alerte de ses réseaux d'agent face à l'occurrence d'événements majeurs. En 2008, suite à des événements d'ampleur (Tempêtes 1999, AZF 2001, Arles 2003, Dean 2007), un processus a été mis en place permettant d'atteindre des objectifs prédéfinis en matière de gestion lors de l'afflux de dossiers sinistres. La gestion des événements de 2009 et 2010 leur a permis de conforter et de « durcir » ce modèle.

L'expérience de ce métier a montré à ce groupe que la gestion d'un événement d'ampleur est, du fait même de sa nature, exceptionnelle. La planification rigide se révélant donc inadaptée. Il s'agit de la part de Saretec d'une démarche et d'un processus déjà opérant, tout deux conçus à des fins opérationnelles permettant de quantifier sur les territoires la localisation, la répartition ainsi que le type de sinistre attendu en cas d'événement afin de pouvoir dimensionner au plus juste son réseau d'experts et de gestionnaires. Dans cette optique, Saretec dispose de partenariats avec des services météorologiques ainsi que de son propre processus de simulation de dommages, à partir de ces informations météorologiques, permettant d'estimer les besoins dans le temps dès la survenance de l'événement.

A titre d'exemple, ci-dessous deux extraits de bulletins d'informations relatifs à l'événement XYNTHIA diffusés pendant cet épisode climatique (le 28/02/10 à 12h00) et immédiatement après (le 01/03/10 à 22h00).



**Figure 5-6 : Exemples de bulletins d'informations relatifs à l'événement XYNTHIA diffusés pendant (le 28/02/10 à 12h00) et immédiatement après (le 01/03/10 à 22h00). (Source : Saretec).**

Concernant l'identification des enjeux sur les territoires, Saretec dispose de la base de données Topographique de l'IGN qui permet de connaître la répartition des enjeux à grande échelle ainsi que la hauteur des bâtiments. C'est par ce moyen que l'estimation du nombre probable de sinistre est réalisée.

Afin de juger de l'efficacité du modèle proposé par Saretec, une rétrospective des événements ciblés par Saretec sur l'année 2010 associés à un niveau de risque a été fournie. Il convient de rappeler qu'il s'agit de la phase d'alerte, c'est-à-dire que les données sont fournies

selon les prévisions faites avant l'événement. Au total trois niveaux d'alerte ont été mis en place :

- niveau 1 : phénomène localement destructeur,
- niveau 2 : phénomène destructeur et de grande étendue,
- niveau 3 : phénomène majeur, d'une intensité prévue remarquable.

Au final, 101 éléments ont été ainsi repérés pour l'année 2010.

**Tableau 5-5 : Mise en perspective des événements considérés par Saretec avec la sinistralité climatique observée sur le portefeuille DAB d'AXA France pour l'exercice 2010.**

Niveau d'alerte SARETEC	Nb d'évts SARETEC	Nb d'évts Climatiques AXA (évts Suivis)	Tous Evts Suivis				Tous Evts Suivis Hors Xynthia			
			Nb Sinistres (UP)	Charge (M€)	Nb Sinistres (UP)	Charge (M€)	Nb Sinistres (UP)	Charge (M€)	Nb Sinistres (UP)	Charge (M€)
1	79	2	1 393	7,6	2,6%	2,8%	1 393	7,6	7,6%	5,6%
2	18	2	8 217	35,5	15,2%	12,8%	8 217	35,5	44,6%	26,2%
3	4	4	43 882	225,9	81,0%	81,7%	8 132	84,8	44,1%	62,6%
Non signalé	--	1	679	7,5	1,3%	2,7%	679	7,5	3,7%	5,5%
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>9</b>	<b>54 171</b>	<b>277</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>18 421</b>	<b>135</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Le tableau ci-dessus fait la synthèse des éléments envoyés par SARETEC de manière rétrospective sur l'année 2010. Afin de juger de la pertinence des filtres mis en place par Saretec, une comparaison avec la sinistralité « climatique » observée par AXA France IARD sur le dommage aux biens est réalisée. Eu égard au volume de la sinistralité climatique observée (tempête, inondations, grêle, poids de la neige, sécheresse géotechnique...), le suivi réalisé ne concerne que les événements générant des dommages bruts à hauteur de 5 M€.

La mise en perspective de ces deux sources d'informations montre que :

- Huit des neuf événements climatiques suivis (ayant généré des dommages supérieurs ou égaux à 5 M€) sont présents dans le rapport des événements météorologiques de Saretec. L'épisode absent correspond à un événement neigeux observé sur une dizaine de jour début décembre,
- Les quatre événements relevant du niveau 3 d'alerte de SARECTEC se retrouvent bien dans le fichier listant les événements climatiques suivis. Ils correspondent comme le montre le tableau 5-5 à plus de 80% de la sinistralité.

La seconde partie du tableau 5-5 montre la part de la sinistralité climatique selon le niveau d'alerte, déduction faite de la tempête Xynthia. En effet, le poids de Xynthia sur la sinistralité totale (50% du total de la charge et près des deux tiers du nombre de sinistres) peut altérer les résultats et donc le jugement quant à la pertinence des indicateurs de Saretec.

Dans ce cadre, les événements de niveau d'alerte 3, qui ne sont que trois, correspondent à 62% de la charge et 44% du nombre de sinistres. Si l'on combine les niveaux 3 et 2 d'alerte, la concentration de la charge s'élève à près 89% et le volume de sinistres à 85%, pour un total de 21 événements.

Saretec a également communiqué la liste des événements considérés comme majeurs. Ici, la vision se situe pendant l'épisode climatique. Cinq éléments ont été définis comme majeurs pour l'année 2010. Parmi ces événements, figurent ceux ayant occasionné des niveaux 3 d'alerte auxquels vient s'ajouter un événement de niveau 2 (l'épisode de grêle du 09 juin 2010 localisé en Franche-Comté).

**Tableau 5-6 : Mise en perspective des événements majeurs définis par SARETEC selon la sinistralité climatique d'AXA France IARD sur l'exercice 2010.**

	Tous Evénements				
	Synthèse événements Majeurs 2010 Saretec	total france 2010 (evts suivis uniquement)	%	total france 2010 (evts suivis et non suivis)	%
<i>Nb Sinistres (UP)</i>	50 108	54 171	92,5%	66 966	74,8%
<i>Charge d/d (M€)</i>	250,7	276,5	90,6%	316,2	79,3%

	Tous Evénements Hors Xynthia				
	Synthèse événements Majeurs 2010 Saretec	total france 2010 (evts suivis uniquement)	%	total france 2010 (evts suivis et non suivis)	%
<i>Nb Sinistres (UP)</i>	14 358	18 421	77,9%	31 216	46,0%
<i>Charge d/d (M€)</i>	109,6	135,4	80,9%	175,1	62,6%

Le tableau ci-dessus montre que les cinq événements majeurs de Saretec :

- concentrent plus de 90% de la sinistralité climatique observée (charge et nombre de sinistres) pour les événements suivis par AXA,
- concentrent plus de 75% de la totalité de la sinistralité climatique observée en charge et 79% en nombre de sinistres pour les événements suivis et non suivis par AXA.

Comme précédemment, la tempête Xynthia est retirée des bilans de la sinistralité. Dans ce cas, le tableau ci-dessus montre que les 4 événements majeurs de Saretec :

- concentrent près de 80% de la sinistralité climatique observée (charge et nombre de sinistres) pour les événements suivis par AXA,
- concentrent plus de 60% de la totalité de la sinistralité climatique observée en charge et 46% en nombre de sinistres pour les événements suivis et non suivis par AXA.

Pour les situations de mise en alerte interne, ces résultats s'avèrent intéressants. Le système mis en place par Saretec, associant à des prévisions un niveau de risque pour les événements, permet de cibler une large majorité de la sinistralité climatique pour l'exercice 2010. D'une manière pragmatique, il apparaît que le système proposé par Saretec peut répondre aux besoins d'alerte exprimés par AXA de manière à pouvoir anticiper et in fine, préparer et mettre en action un ensemble de mesures visant à améliorer la gestion de ces événements.

Du point de vue de la communication des situations d'alerte c'est-à-dire d'un péril imminent pouvant porter atteinte à l'intégrité physique des assurés ainsi qu'à leurs biens, les éléments présentés ci-dessus ne semblent pas suffisants pour se forger un avis éclairé sur le sujet.

Dans cette optique, il a été convenu que Saretec fournisse un bulletin d'information, comprenant pour chaque jour de prévision (jour J-10 à J) une carte des zones géographiques soumises à un risque « climatique » susceptible de générer des dommages significatifs. Le bulletin est complété par une alerte. Les éléments fournis contiennent une carte nationale de synthèse indiquant les zones soumises au risque climatique potentiellement producteur de dommages complétée par un commentaire qui précise notamment le ou les phénomènes susceptibles de causer des dommages (grêle, rafales ou pluies intenses).

Pour la diffusion des alertes, un bulletin spécifique est communiqué. L'envoi est déclenché lors du franchissement d'un certain seuil d'alerte (exemple : niveau 2). Il est complété par des informations complémentaires si des phénomènes sévères imprévus sont observés en un quelconque point du territoire.

D'un point de vue technique, les bulletins sont réalisés quotidiennement à partir des bases de données et des informations de modélisation transmises provenant de fournisseurs d'origine allemande. Pour l'évaluation des risques qu'ils soient induits par une inondation de plaine, une crue éclair ou du ruissellement, ces informations sont complétées avec l'appui d'une cellule hydrologique interne à Saretec. Cette synergie vise à délivrer la meilleure prévision possible des risques, notamment dans le cadre des épisodes cévenols et/ou méditerranéens.

La figure ci-dessous est un exemple de bulletin d'alerte envoyé par Saretec concernant l'épisode de grêle du 12 juillet 2011.

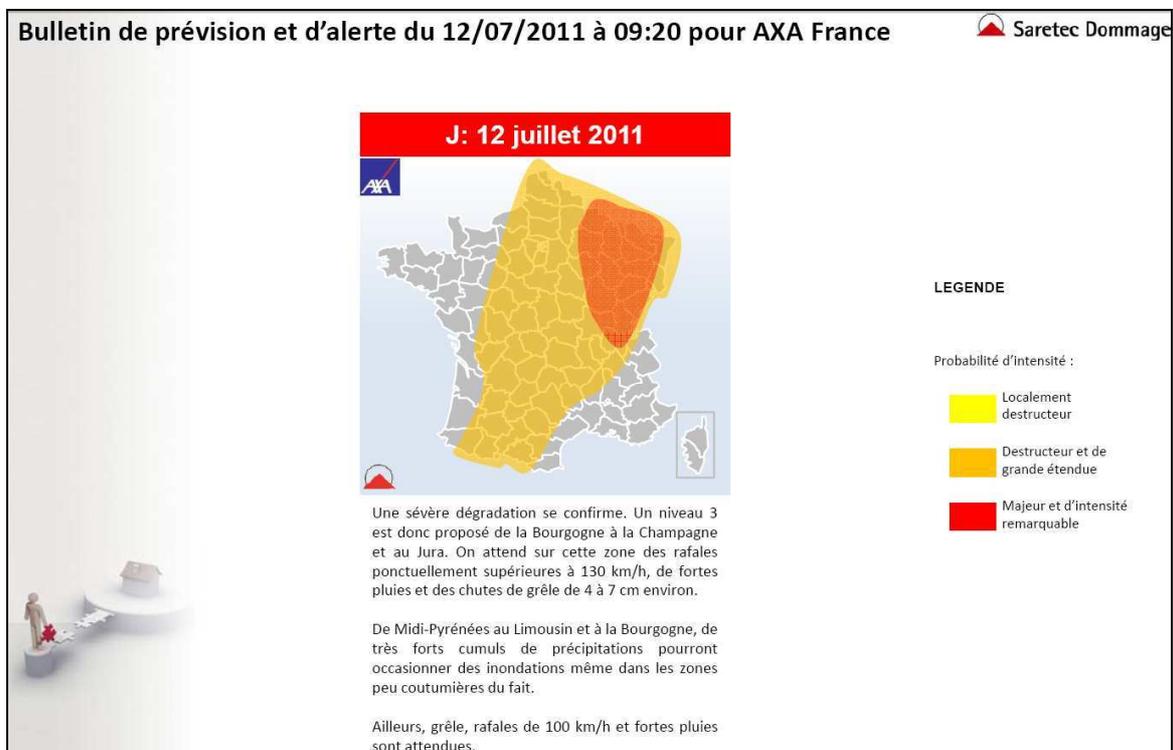
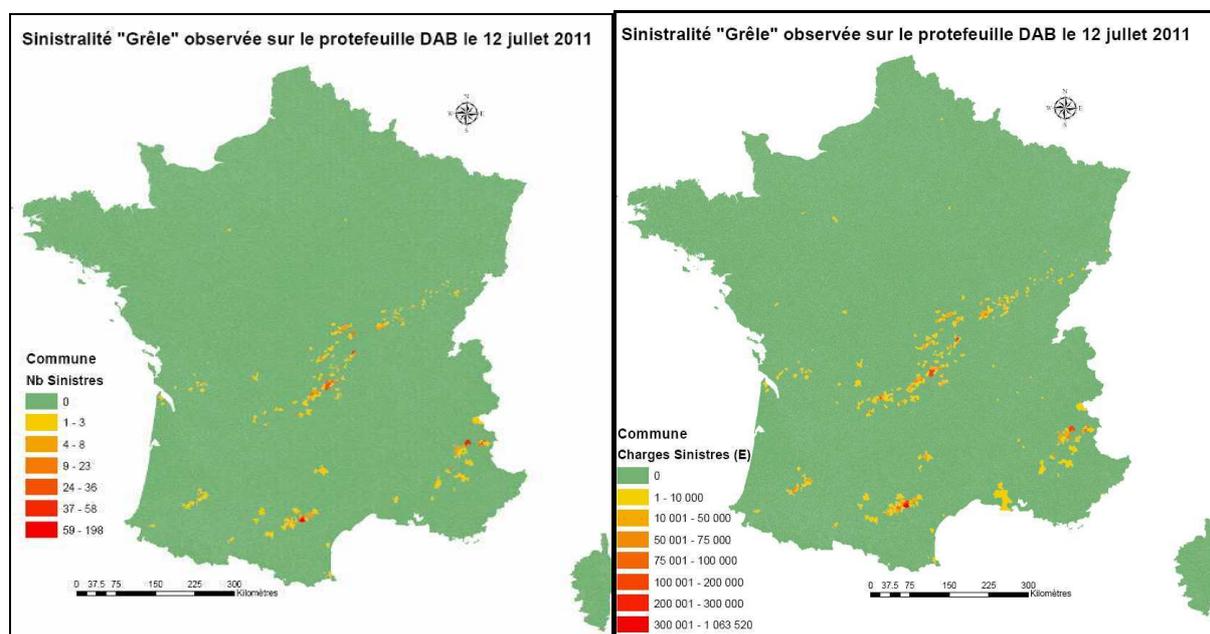


Figure 5-7 : Bulletin de prévision et d'alerte du 12 juillet 2011 à 9h20 envoyé par Saretec à AXA France.

Le bulletin d'alerte de Saretec fait état d'une alerte de niveau 3 pour un épisode orageux pouvant produire de fortes rafales de vent, des pluies intenses ainsi que de la grêle.

Pour cet événement, la sinistralité observée à vision fin août 2011 fait état de plus de 2 000 sinistres et près de 6 M€ de dommages. Cet épisode rentre dans le suivi des événements climatiques réalisé ici, ce qui justifie le niveau 3 d'alerte prévu par Saretec tel qu'il est entendu par AXA.

Après avoir jugé de la pertinence de l'alerte du point de vue quantitatif, il convient de s'intéresser au volet qualitatif, à savoir la précision spatiale de la cartographie de synthèse proposée. Pour cela, l'ensemble des sinistres déclarés le 12 juillet 2011 a été extrait. Il a été conservé le montant de la charge qu'elle soit estimée ou réglée ainsi que la commune de survenance du sinistre.



**Figure 5-8 : Sinistralité Grêle observée le 12 juillet 2011 sur le portefeuille dommage aux biens à gauche en nombre de sinistres et à droite en charge (Vision septembre 2011).**

La figure ci-dessus montre la répartition spatiale de la charge et du nombre de sinistres survenus le 12 juillet en grêle, vent et inondation.

Il apparaît une répartition assez large de la sinistralité sur la moitié Sud du territoire métropolitain. Néanmoins, il se dégage trois zones principales ne correspondant pas à celles ciblées par Saretec et mises en niveau 2 et 3 d'alerte. D'une manière générale, une simple comparaison visuelle de ces cartes avec le bulletin d'alerte émis révèle bien toute la difficulté inhérente à la prévision des épisodes météorologiques telles les cellules orageuses.

### **5.3.5. Les enseignements**

Les enseignements demeurent intéressants et soulignent toute la difficulté et donc les enjeux en matière d'alerte que ce soit à des fins de communication interne ou à destination de tiers comme les particuliers.

La finalité technique repose sur les mêmes principes, à savoir la réception d'un ensemble d'informations suffisant et fiable permettant de se forger un avis éclairé sur la situation à venir dans les prochains jours et, in fine, de décider sereinement d'une éventuelle mise en alerte. En effet, une des finalités de la mise en place d'un tel système d'alerte réside dans sa capacité à informer les décideurs au plus tôt et leur permettre de déployer au plus vite des actions. Qu'il s'agisse d'actions internes (réunion de la cellule de crise, mobilisation des réseaux d'agents et des relais terrain...) ou externes (envoi de messages d'alertes et de consignes complémentaires pour la mise en sécurité de biens par exemple), l'information de base est la même, le point de vue quantitatif intéressant le côté « interne » du dispositif au contraire de l'aspect qualitatif intéressant le côté « externe ».

A contrario, l'impact de la création et de la diffusion de ce type d'informations nouvelles ne sont pas exempts de risques. Ceux-ci s'établissent en lien direct avec la qualité de l'information fournie. En effet, le bulletin d'information est établi sur la base de modélisations informatiques et empiriques. Nonobstant, les prises de contact et les collaborations effectuées pour tenter de s'attacher les services de l'offre la plus en adéquation avec les besoins exprimés par AXA (que ce soit avec des fournisseurs de données, des prestataires de services, ou les efforts réalisés par les organismes rencontrés pour faire évoluer constamment la précision des résultats des modélisations), force est de reconnaître que la nature des phénomènes météorologiques ne permet pas de garantir qu'une alerte sera systématiquement émise pour chaque événement. En outre, il n'est nullement garanti qu'un événement sera conforme aux prévisions que ce soit sa zone d'impact et/ou son intensité ni même que celui-ci sera anticipé.

Au final, il pointe ici de manière très claire l'importance de la notion de qualité de l'information non pas intrinsèque mais du point de vue du besoin, de l'utilisation qui lui est destinée. Une même information peut (et c'est le cas ici) se révéler être entièrement satisfaisante pour une partie des besoins mais très insuffisante pour une autre. En effet, se tromper lors de la mise en action d'une cellule interne de crise aura comme conséquence une mobilisation d'hommes et/ou de ressources vaine, provoquant dans le pire des cas une défiance vis-à-vis du nouveau système, de cette nouvelle information. En cas de récurrence de cas limites, où l'information se révèle être erronée, les réactions attendues peuvent aller d'un simple ralentissement de la mise en place des réponses prévues, à l'arrêt ou la suspension du service.

En revanche et en cas de mauvaise information transmise à des tiers, comme les clients assurés ou les agents généraux, la diffusion ou l'absence de diffusion de cette information peut porter à conséquence. Dans une certaine mesure, cela revient à engager la responsabilité de l'organisme émetteur et donc de sa crédibilité en la matière. En termes de responsabilité civile, le premier impératif consiste à ne pas interférer avec les messages émanant des pouvoirs publics. Du point de vue de la crédibilité et de l'impact du service proposé, une alerte mesurée doit être fournie, il convient de ne pas noyer le tiers d'informations au premier coup de vent ou à la première pluie. Il est évident qu'une succession d'alertes non suivie par

un événement d'ampleur ou du moins, sortant de l'ordinaire, décrédibilisera les prochaines alertes.

La qualité de l'information revêt une importance particulière. C'est elle qui va conditionner le processus décisionnel pouvant, in fine, influencer le comportement des assurés dans une situation pouvant porter atteinte à leur intégrité physique.

Lors de l'occurrence d'un événement d'ampleur, une des premières exigences, d'un point de vue opérationnel, nécessite de fournir une estimation du coût de l'événement. Cette volonté s'explique par la pression mise par les médias ainsi que par les pouvoirs publics. Cela se traduit chez un assureur, par une attente forte de la part des instances dirigeantes vers les équipes opérationnelles. L'usage consiste à attendre les premières remontées d'informations concernant le nombre de déclarations de sinistres. Leurs importances ainsi que leurs évolutions en font un indicateur permettant de fournir une fourchette d'estimation du coût probable de l'événement. L'inconvénient majeur réside dans le délai d'attente et à la volatilité des cadences de gestion elles-mêmes dépendantes du bon dimensionnement des réseaux dédiés à leur prise en charge.

Face à ce constat, l'usage de données « climatiques » (zones impactées, nature de l'événement...) dans les alertes météorologiques, peut s'avérer utile afin de réduire les délais actuels impartis pour l'estimation de la charge.

#### **5.4. ALERTE METEOROLOGIQUE ET MODELISATION DE LA SINISTRALITE TEMPETE, CHEMIN FAISANT**

Estimer le coût d'un événement d'ampleur à partir de données climatiques nécessite d'analyser au préalable, sur des événements historiques, les relations existantes entre des variables climatiques et la sinistralité observée. Un exemple est pris ici sur les phénomènes de tempête. Récemment les tempêtes Xynthia et Klaus ont marqué de leurs empreintes les comptes de résultats de tous les organismes d'assurance. En outre, les deux grandes tempêtes de 1999, Lothar et Martin, ont mis à mal les couvertures de réassurance en place, notamment chez AXA France dont le découvert sur ces événements a été proche de 50% du coût total de ces événements. De par leur intensité, leur récurrence, leur potentiel de destruction et le nombre de clients potentiellement concernés par un aléa de cette nature, la tempête s'avère être un terrain d'étude propice à ce type d'investigation.

L'objet de cette partie consiste à étudier la faisabilité d'un modèle d'aide à l'estimation des coûts des tempêtes à partir de sources d'informations uniquement d'ordres climatiques qu'elles soient diffusées librement sur différents supports de communication ou fruits d'un partenariat avec un organisme produisant ou diffusant des informations de cette nature.

### **5.4.1. Philosophie**

La philosophie dans laquelle s'inscrivent les recherches de cette partie vise à tirer les enseignements des tempêtes majeures observées depuis 1999 afin d'en dégager, autant que faire se peut, des tendances générales visant à expliquer, puis à généraliser la sinistralité observée. Il n'est nullement envisagé de s'engager dans la voie de la création d'un jeu d'aléa tempête.

Dans le cadre des tempêtes frappant l'Europe, l'étendue des dommages dépend du champ de vent dynamique dans l'espace et le temps, de son interaction avec les dimensions des habitations ou des structures formées par l'agglomération des habitations, en particulier la dimension des vides, l'orographie et plus généralement la topographie, la fréquence des rafales de vent, et leurs interactions dynamiques (Usbeck et al, 2010).

Nonobstant ces informations, il apparaît que la vitesse maximale des rafales de vent s'avère décisive en raison du fait que la force du vent, ici l'énergie destructrice, augmente quadratiquement quand la vitesse du vent augmente linéairement (Otto, 2000 ; Hubrig, 2004).

Dans cette optique, l'exercice principal consiste donc à l'identification de variables pertinentes puis à rechercher leurs disponibilités avant de les numériser en vue de leur intégration aux informations sinistres disponibles dans les bases de données d'AXA France. Ensuite, l'idée est d'élaborer un modèle général à partir de la sinistralité observée, avant de juger de la fiabilité des résultats du modèle.

### **5.4.2. Démarche**

La démarche de cette étude de faisabilité se fonde sur les retours d'expérience des tempêtes Martin, Lothar, Klaus et Xynthia. A partir de ces données, l'objet ici consiste à identifier un ensemble de variables, à partir de ce panel d'événements passés, influençant la sinistralité liée aux phénomènes de tempête. Dans un premier temps, cela revient à rechercher des tendances, à identifier certains paramètres avant de tenter de les généraliser. Pour cela, la démarche consiste ici à analyser les relations existantes entre des variables géographiques simples et la fréquence et le coût des sinistres Tempête observés en 1999, 2009 et 2010.

Cette partie s'inscrit dans une démarche prospective. La première étape consiste à rechercher des bases de données ainsi que toutes les informations pouvant expliquer une part significative de la sinistralité. Dans une optique de reproductibilité, les contraintes inhérentes à cette approche sont principalement la disponibilité de l'ensemble des indicateurs sur l'ensemble du territoire métropolitain et leurs mises à disposition gratuites par les producteurs.

#### 5.4.2.1. *Principale hypothèse de travail*

Eu égard au périmètre d'étude, au volume du portefeuille MRH ainsi qu'à la résolution spatiale des données de vent évoquée ci-après, la maille d'analyse est fixée à l'échelle communale.

L'objectif de ces travaux vise à utiliser les relations unissant les variations climatiques et les spécificités locales, de nature « géographique », pouvant influencer sur la sinistralité tempête. Il convient donc d'identifier des éléments de comparaisons logiques, statistiques, spatiaux ayant un sens à l'échelle d'analyse entre des données géographiques et des données sinistres.

#### 5.4.2.2. *Les bases de données du Web*

L'existence, la disponibilité ainsi que la résolution spatiale de données conditionnent la possibilité puis la qualité de l'élaboration d'indicateurs « Tempête ». En effet, chaque information et/ou donnée doivent être testées afin de juger de leur pertinence, tant en termes de potentiel explicatif, que de qualité de la donnée (cette donnée sera-t-elle diffusée lors de la prochaine occurrence d'une tempête ? sera-t-elle de même forme, de même résolution spatiale, fournie par le même producteur ?...). La notion de qualité s'étend un peu ici et doit intégrer, toujours dans une optique de besoins métiers, sa disponibilité future sans dégradation ou changement trop importants de sa qualité interne.

Les données évoquées ici sont celles qui ont pu être identifiées et jugées pertinentes dans le cadre de ces travaux.

- Les données climatiques

Météo France publie deux jours après l'événement (J+2), les valeurs maximales des vitesses de vent instantané relevées sur son réseau de 500 stations réparties sur tout le territoire métropolitain. Le délai de deux jours, pour la publication de ces cartes, est en partie consacré à la correction de ces données (défaut de mesure, interpolation...).

La pression des pouvoirs publics ainsi que le besoin d'informations claires et les plus objectives possibles des médias, poussent Météo France à fournir ces données relayées par l'ensemble de la presse notamment sur les supports écrits, télévisés et le Web.

Depuis les grandes tempêtes de 1999, le format semble s'être stabilisé à celui présenté figure 5-9. Cependant, quelques légères différences apparaissent sur les classes de vitesse de vent proposées ainsi que sur les codes couleurs utilisés.

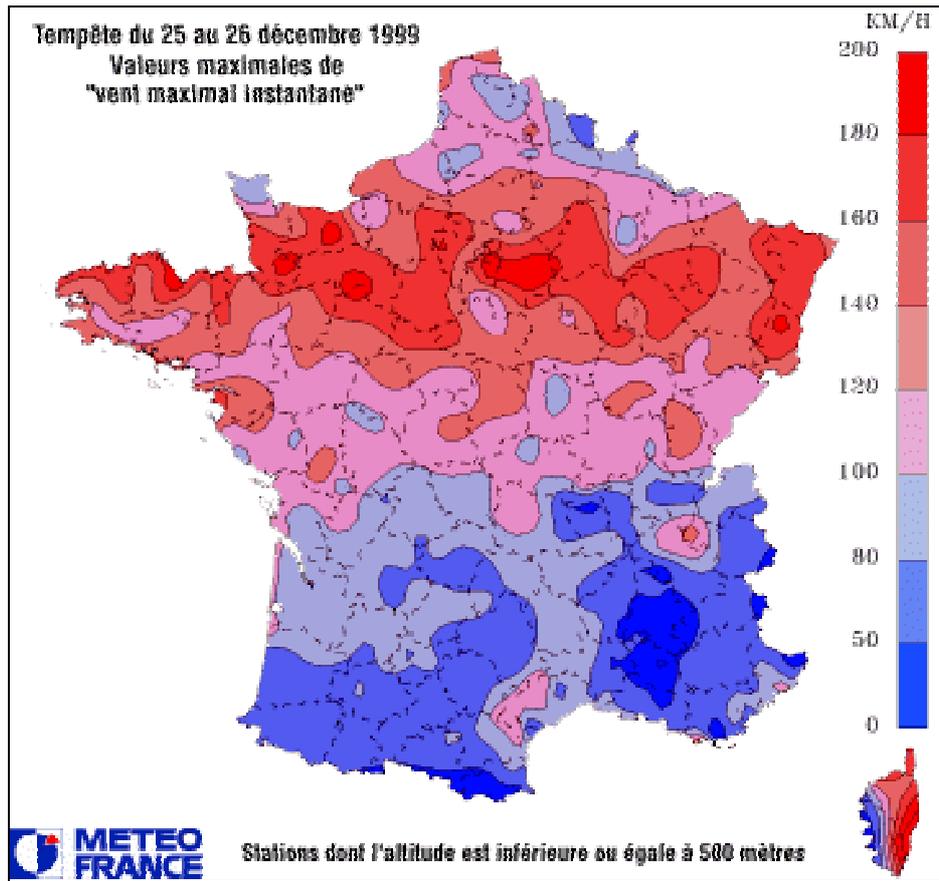


Figure 5-9 : Communiqué de Météo-France présentant les valeurs instantanées maximales de vent pour la tempête du 25 au 26 décembre 1999.

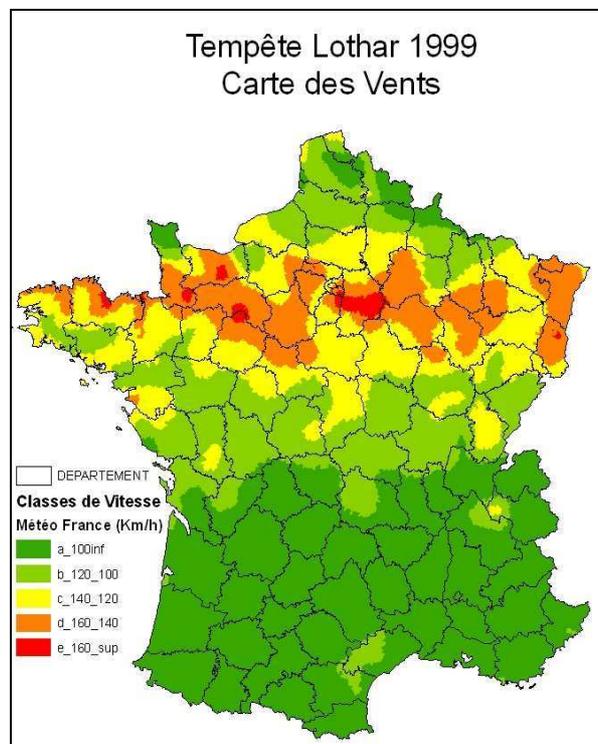


Figure 5-10 : Exemple de l'utilisation des données de Météo France pour la création d'une couche de vents spatialisée.

Les données de vent sont fournies sous forme d'image numérique avec un fond cartographique laissant apparaître les limites du territoire métropolitain. En conséquence, il s'avère possible à partir de ces données de reconstituer dans un format numérique spatialisé les valeurs de vent à cette échelle (figure 5-10).

- Les données géographiques

La construction de données topographiques et de surcroît orographiques ne présente pas ici de valeur ajoutée eu égard à la maille de travail sans commune mesure avec la variabilité spatiale de tels indicateurs.

#### Indicateur de rugosité

L'effet des structures formées par la proximité et la nature des habitations (la rugosité) peut être appréhendé par un indice de ruralité fourni par l'INSEE. Il permet notamment de rendre compte de l'atténuation des vents en zone urbaine dense et d'expliquer ainsi la part moindre des sinistres observés dans les agglomérations (Usbeck et al, 2010).

L'INSEE différencie les unités urbaines des unités rurales selon deux critères : « la continuité du bâti et le nombre d'habitants. Est considéré comme urbain (ou unité urbaine) un ensemble de communes sur lequel on trouve une zone de bâti continu, c'est-à-dire un espace au sein duquel il n'y a pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions et dans lequel résident au moins 2 000 habitants. » (Cloché et Rascol, 2010).

L'intérêt de cette variable tient en sa définition fondée en partie sur la proximité du bâti formant ainsi une barrière quant à la pénétration des rafales de vent en milieu urbain. En effet, une zone où les constructions sont proches les unes des autres, constitue une protection laissant exposés les éléments présents sur le pourtour et protégeant ceux en son cœur (Usbek et al., 2010).

#### Indicateur d'habitude au vent

L'effet de sensibilité au vent peut être donné par le potentiel éolien produit par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). L'idée consiste à penser qu'un vent de 120 km/h à la pointe bretonne n'aura pas le même impact qu'à Paris par exemple.

Cet indicateur vise à expliquer la répartition spatiale hétérogène de la sinistralité (en termes de fréquence) observée pour des vitesses de vents non extrêmes.

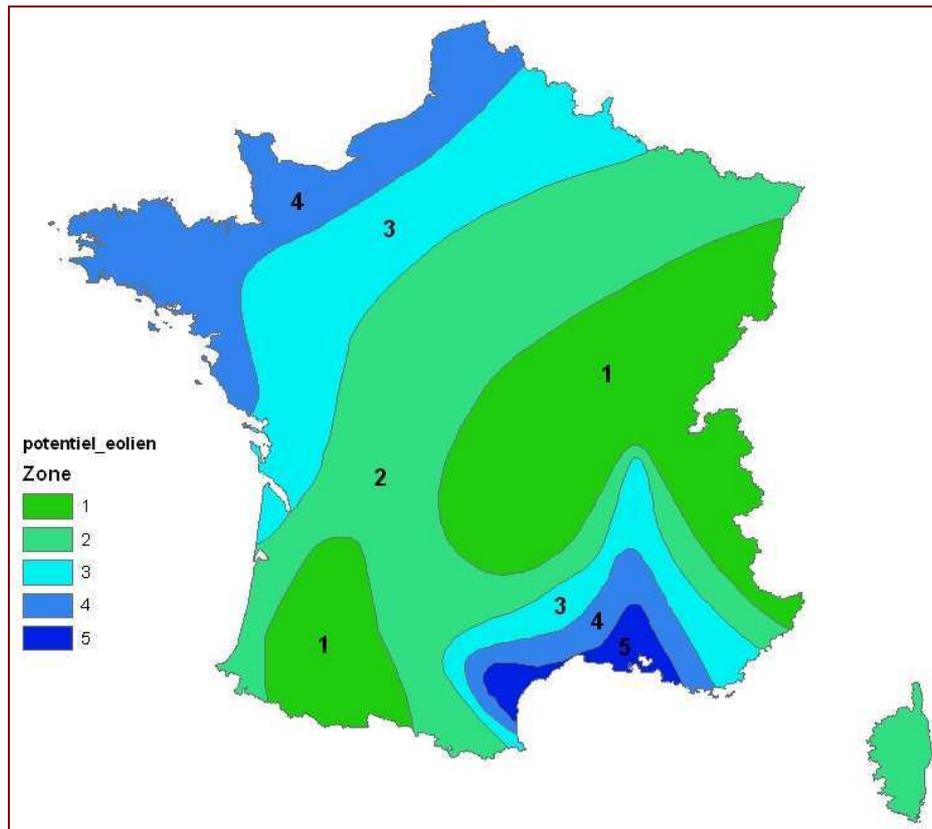


Figure 5-11 : Représentation du potentiel éolien en France métropolitaine (d'après l'ADEME, 2009).

Cette figure représente le potentiel éolien en France tel qu'il est donné par l'ADEME. Ces données sont produites dans le cadre des études d'implantations des éoliennes. A ce titre, les informations sous-jacentes à cette cartographie permettent de hiérarchiser les territoires selon les vitesses de vent moyennes observées.

#### Indicateur d'habitude aux tempêtes

En dernier point, un indicateur d'exposition aux tempêtes, dans le sens de rafales de vents de vitesses extrêmes, s'avère être une information pertinente pour rendre compte de la notion d'habitude aux tempêtes.

L'effet d' « habitude » aux tempêtes (s'il en est un) peut-être transcrit via un indicateur fourni par Munich Re dans sa base de données NATHAN, classant les territoires selon le degré d'exposition à ces événements et présenté dans la figure 5-12.



Figure 5-12: Indicateur d'exposition aux tempêtes (source : Nathan, Munich Re).

Cet indicateur vise à prendre en considération le fait que les territoires balayés plus fréquemment que les autres par des tempêtes subissent moins de dégâts que ceux n'ayant pas connu de tels événements récemment. Un exemple qui peut être pris pour illustrer ce postulat est celui des arbres à proximité d'habitations. Une fois que ceux-ci ont été couchés ou arrachés par une précédente tempête, il est logique de penser que cela ne se reproduira pas lors de la tempête suivante.

#### 5.4.2.3. Les bases de données contrat et sinistre

La constitution de la base de données sinistre est réalisée selon les processus suivants :

- Extraction par date de survenance pour l'ensemble des sinistres tempêtes survenus sur le territoire métropolitain pour le portefeuille MRH,
- Distinction entre les contrats MRH type propriétaire de maison (MRH PM) et le reste du portefeuille est opérée,
- Ajout de la variable code INSEE de la ville de risque présent dans la base contrat dommage aux biens non auto.

Ensuite, les sinistres ayant une charge nulle sont exclus. Le choix est principalement motivé au regard du montant de la franchise (228 € en MRH) en comparaison des coûts moyens des sinistres tempêtes (1 800 €, la franchise représente ~13%).

La vision du portefeuille MRH sur laquelle se fonde la répartition du nombre de contrats ainsi que des engagements par commune sont fonction de la date de survenance des événements. Pour les tempêtes Lothar et Martin, la vision correspond à la dernière disponible dans le système d'information d'AXA France, soit fin 2003. Les bases antérieures de contrats ne sont plus tous disponibles comme les bases de données sur les contrats résiliés qui ne vont pas au-delà de la vision 2004.

Pour Klaus et Xynthia, les visions sont celles correspondantes, respectivement, aux renouvellements 2009 et 2010 du traité dommage au bien, sur lesquelles le traitement des identifiants communaux a été réalisé dans le cadre de la campagne de géocodage.

### 5.4.3. Statistiques descriptives par tempête

Cette partie vise à mettre en évidence les particularités de chacune des tempêtes étudiées avant d'essayer d'en déterminer des tendances générales.

**Tableau 5-7 : Récupération des informations contrats MRH et MRH PM.**

<b>Martin</b>			<b>Lothar</b>		
	Nb Cts	Charge (€)		Nb Cts	Charge (€)
MRH	66 348	144 323 930	MRH	147 068	303 877 734
dont MRH PM	52 916	113 731 029	dont MRH PM	105 798	223 130 000
%	79,8%	78,8%	%	71,9%	73,4%

<b>Xynthia</b>			<b>Klaus</b>		
	Nb Cts	Charge (€)		Nb Cts	Charge (€)
MRH	20 774	37 126 000	MRH	51 659	111 343 061
dont MRH PM	18 791	34 388 703	dont MRH PM	50 364	101 932 010
%	90,5%	92,6%	%	97,5%	91,5%

Il apparaît une perte importante d'informations pour les tempêtes Martin et Lothar. Puisque deux années de contrats résiliés sont présentes dans la base des contrats à fin décembre 2003, il résulte un vide portant sur l'ensemble des contrats résiliés sur la période allant de janvier 2000 à décembre 2001. Ces contrats seront donc ignorés dans les statistiques de ces événements.

Un des premiers constats tient au différentiel de charge et de volume de sinistres observé entre ces différentes tempêtes dont le coût pour AXA France s'échelonne de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'euros.

Dans cette partie, il ne sera fait état que des travaux menés sur le périmètre MRH PM (Propriétaire de Maison). Ce choix est motivé tout d'abord par la large représentativité de ce sous-portefeuille, ainsi que par son comportement supposé homogène en termes de susceptibilité face aux tempêtes.

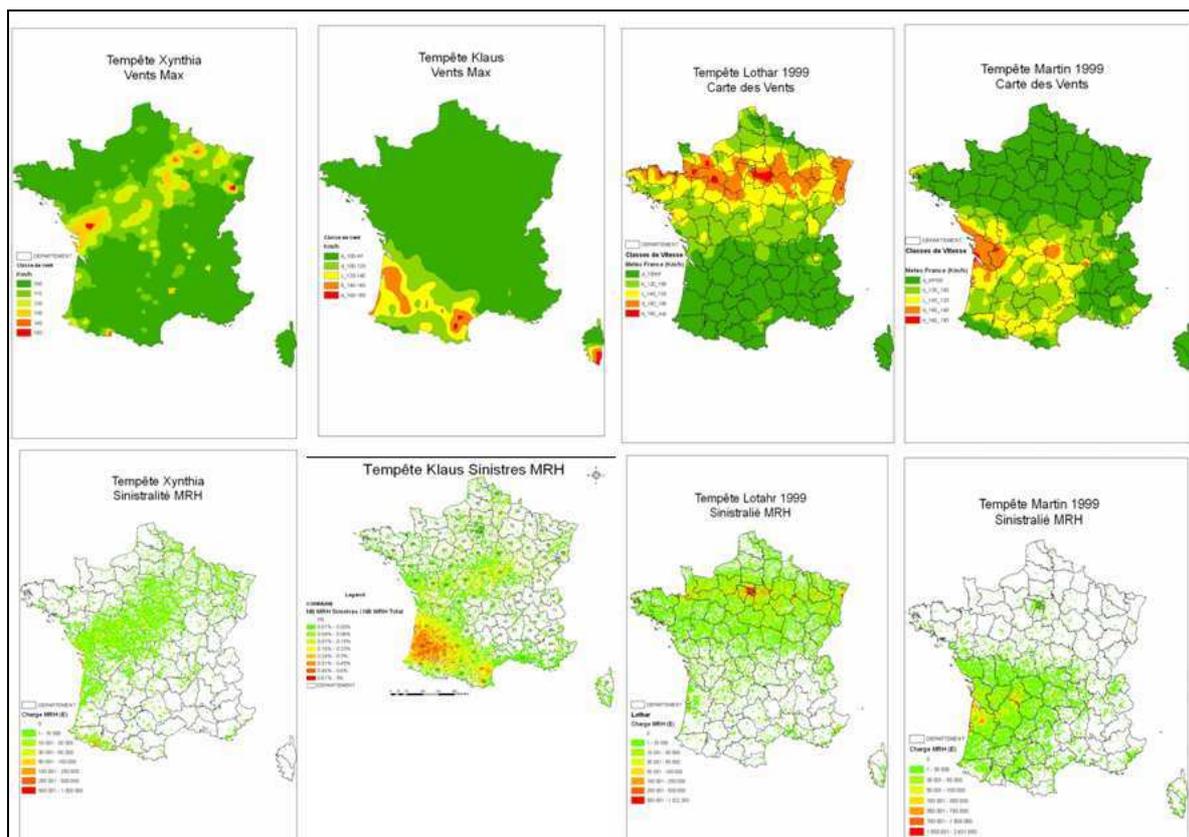


Figure 5-13 : Cartographies des vitesses de vent maximales observées lors des tempêtes de 1999, 2009 et 2010 (source : Météo France) et de la sinistralité observée sur le portefeuille MRH PM.

Cette figure montre dans sa partie supérieure les vitesses maximales de vent observées lors des tempêtes de 1999, 2009 et 2010. Pour chacune de ces tempêtes, une cartographie de la sinistralité a été réalisée à l'échelle communale.

Tableau 5-8 : Statistiques descriptives de la sinistralité MRH PM par tempête et selon les vitesses de vent fournies par Météo France.

Vitesse de vent (Km/h)	lothar				martin			
	% cts sin	cm	%CH	NB cts	% cts sin	cm	%CH	NB cts
< 100	0,49%	2 065	3,9%	4 063	0,17%	2 320	4,3%	2 075
100-120	3,16%	1 792	11,8%	14 280	2,85%	2 306	25,7%	12 512
120-140	8,87%	2 029	35,9%	38 462	7,69%	2 017	33,4%	18 575
140-160	15,36%	2 232	42,7%	41 586	17,42%	2 271	35,3%	17 438
160-180	17,21%	2 358	5,7%	5 228	27,24%	727	1,3%	2 007
<b>Total</b>	<b>5,15%</b>	<b>2 096</b>	<b>100%</b>	<b>105 798</b>	<b>2,61%</b>	<b>2 133</b>	<b>100%</b>	<b>52 916</b>

Vitesse de vent (Km/h)	xynthia				klaus			
	% cts sin	cm	%CH	NB cts	% cts sin	Coût Moyen (€)	% Charge Totale	Nb cts
< 100	0,46%	1 861	37,5%	6 929	0,11%	1 637	2,7%	1 681
100-120	2,56%	1 861	32,6%	6 012	7,51%	1 759	15,4%	8 866
120-140	4,92%	1 701	29,2%	5 902	16,92%	2 093	50,8%	24 595
140-160	9,99%	2 119	0,7%	108	20,15%	1 970	25,4%	13 063
160-180	0,00%	0	0,0%	0	23,68%	2 142	5,7%	2 674
<b>Total</b>	<b>1,02%</b>	<b>1 813</b>	<b>100%</b>	<b>18 791</b>	<b>2,79%</b>	<b>1 990</b>	<b>100%</b>	<b>50 364</b>

Le tableau montre la fréquence de sinistres observée selon la valeur maximale des vitesses de vent relevée sur le terrain. Il ressort, pour chaque tempête, un accroissement de la fréquence de sinistres à mesure que les vitesses de vent augmentent. En revanche, la comparaison de ces chiffres entre ces différents événements révèle des comportements hétérogènes avec, par exemple, une fréquence de sinistres pouvant varier du simple au double selon l'événement pour une même classe de vitesse de vent.

Ces premiers résultats soulignent l'insuffisance des vitesses de vents pour expliquer à elles seules les différentiels importants en termes de sinistralité pour une même classe de vent.

Ceci justifie de combiner aux vitesses de vent d'autres informations influençant la vulnérabilité des enjeux aux tempêtes afin d'accroître la précision des estimations et d'expliquer au mieux les différentiels observés.

#### 5.4.4. Statistiques globales de la sinistralité tempête MRH PM

Les chiffres ci-dessous sont déterminés à partir de l'ensemble de la sinistralité tempête observée sur les tempêtes de 1999, 2009 et 2010. Les données sinistres et contrats de ces quatre tempêtes ont été agrégées dans l'optique de dégager des tendances générales de la sinistralité tempête via les indicateurs présentés ci-dessus.

**Tableau 5-9 : Sinistralité globale observée selon les vitesses de vent et la ruralité.**

Indice Ruralité	Vitesse Vent	% Cts MRH Sinistrés	NB cts	% Charge	Coût Moyen (€)
Rural	< 100	0,40%	2 104 659	4,1%	2 241
	100-120	5,13%	571 805	14,1%	2 240
	120-140	12,81%	423 571	25,9%	2 223
	140-160	23,90%	166 176	22,0%	2 575
	160-180	31,73%	12 537	2,0%	2 280
<b>Total rural</b>		<b>4,14%</b>	<b>3 278 748</b>	<b>68,1%</b>	<b>2 332</b>
Urbain	< 100	0,22%	2 930 221	2,1%	1 575
	100-120	1,84%	671 470	3,3%	1 258
	120-140	6,44%	516 912	12,1%	1 695
	140-160	12,00%	270 557	12,1%	1 728
	160-180	16,25%	36 490	2,2%	1 761
<b>Total urbain</b>		<b>2,04%</b>	<b>4 425 650</b>	<b>31,9%</b>	<b>1 643</b>
<b>Total</b>		<b>2,93%</b>	<b>7 704 398</b>	<b>100%</b>	<b>2 057</b>

Ce tableau montre la répartition de la sinistralité observée selon les vitesses de vent et l'indice de ruralité défini par l'INSEE. L'objet consiste à valider les hypothèses sous-jacentes à l'emploi d'un tel indicateur, cela revient à vérifier que les vents sont atténués dans les milieux urbains (densité des habitations) avec comme conséquence une sinistralité aggravée en termes de fréquence en milieu rural.

Ce tableau montre que l'indice de ruralité permet de mettre en exergue un important différentiel de sinistralité tant pour la fréquence (facteur 2) que pour le coût des sinistres. Force est de constater que cet indice reflète bien les atténuations des vents ainsi que l'incapacité des rafales à pénétrer au cœur des zones urbaines.

**Tableau 5-10 : Sinistralité globale observée selon les vitesses de vent et le potentiel éolien.**

Potentiel Eolien	Vitesse Vent	% Cts MRH Sinistrés	% CH MRH	Coût Moyen (€)	NB cts
1	< 100	0,36%	1,6%	2 276	884 297
	100-120	4,34%	5,6%	2 114	282 087
	120-140	12,16%	9,2%	2 150	164 429
	140-160	14,16%	1,8%	2 007	28 768
	160-180	6,92%	0,0%	990	636
<b>Total 1</b>		<b>2,91%</b>	<b>18,1%</b>	<b>2 133</b>	<b>1 360 217</b>
2	< 100	0,44%	2,2%	1 902	1 243 383
	100-120	4,65%	7,9%	1 954	404 510
	120-140	11,64%	17,3%	1 989	347 560
	140-160	19,66%	15,8%	2 306	161 601
	160-180	25,76%	3,0%	2 406	22 636
<b>Total 2</b>		<b>4,69%</b>	<b>46,2%</b>	<b>2 100</b>	<b>2 179 690</b>
3	< 100	0,33%	1,6%	1 781	1 227 758
	100-120	2,43%	2,3%	1 724	258 531
	120-140	9,66%	8,9%	2 078	205 877
	140-160	18,91%	12,0%	2 206	134 163
	160-180	23,91%	0,5%	950	10 510
<b>Total 3</b>		<b>3,17%</b>	<b>25,3%</b>	<b>2 026</b>	<b>1 836 839</b>
4	< 100	0,14%	0,8%	1 972	1 429 380
	100-120	1,67%	1,6%	1 826	244 866
	120-140	3,29%	2,5%	1 700	205 297
	140-160	8,71%	3,6%	1 928	99 698
	160-180	7,54%	0,4%	1 956	13 732
<b>Total 4</b>		<b>1,13%</b>	<b>8,9%</b>	<b>1 846</b>	<b>1 992 973</b>
5	< 100	0,04%	0,0%	1 618	250 062
	100-120	0,44%	0,1%	1 140	53 281
	120-140	2,51%	0,2%	1 675	17 320
	140-160	18,38%	0,9%	1 836	12 503
	160-180	32,19%	0,2%	2 113	1 513
<b>Total 5</b>		<b>1,06%</b>	<b>1,4%</b>	<b>1 802</b>	<b>334 679</b>
<b>Total</b>		<b>2,93%</b>	<b>100%</b>	<b>2 057</b>	<b>7 704 398</b>

L'objet ici consiste à vérifier l'hypothèse d'habitude aux vents. L'idée sous-jacente revient à considérer que des comportements prudents sont adoptés de manière naturelle ou « culturelle » par les populations de ces territoires.

D'une manière pragmatique, l'effet escompté consiste à observer sur des territoires à fort potentiel éolien, des fréquences de sinistres faibles notamment sur les classes de vents les moins élevés. En regardant les chiffres présentés dans le tableau 5-10, il apparaît bien ces effets. Les trois premières classes de vent (de < 100 km/h à 120-140 km/h) montrent des fréquences de sinistres décroissantes à mesure que le potentiel éolien est élevé. Par exemple,

la fréquence de sinistre sur les territoires ayant des vitesses de vents de 100 à 120 km/h passe de 4.34% à 0.44% pour un potentiel éolien de 1 et 5 respectivement.

En revanche, il est considéré qu'au-delà d'une certaine force de vent, les dégâts engendrés sont d'une nature telle qu'il ne semble plus raisonnable d'avancer que de simples habitudes ou comportements peuvent influencer la sinistralité et que, in fine, le potentiel éolien n'a plus de véritable pouvoir explicatif sur les valeurs extrêmes de vent.

Les enseignements issus du tableau 5-10 sont doubles :

- Le recours au potentiel éolien permet de moduler la fréquence des sinistres dans les « petites » classes de fréquence qui portent la majorité de la sinistralité,
- Il apparaît également un effet discriminant sur le coût moyen des sinistres moins élevés pour les zones à haut potentiel éolien.

D'une manière générale, il apparaît que le potentiel éolien permet d'expliquer une part du comportement différentiel du bâti (contrats MRH PM) face à un vent d'une même intensité. Tout l'intérêt de cette variable réside dans sa capacité à augmenter la précision dans les estimations.

Il faut également noter que certaines statistiques sont faites soit à partir d'un nombre restreint d'observations (par exemple pour la ligne : potentiel éolien 1, vitesse de vent 160-180 km/h), soit à partir d'un seul et même événement tempête (comme le figurent les données mises en police de couleur rouge).

**Tableau 5-11 : Sinistralité globale (MRH PM) observée lors des quatre tempêtes selon les vitesses de vent et l'indice tempête (Münich Re).**

Indice Tempête	Vitesse Vent	% Cts MRH Sinistrés	%CH	Coût Moyen (€)	NB cts
faible	< 100	0,21%	0,8%	2 312	731 094
	100-120	1,97%	1,2%	1 894	149 614
	120-140	4,60%	1,8%	1 709	106 137
	140-160	12,12%	0,6%	1 702	14 332
	160-180	25,28%	0,0%	3 765	178
<b>Total faible</b>		<b>1,11%</b>	<b>4,4%</b>	<b>1 848</b>	<b>1 001 355</b>
moyen	< 100	0,37%	4,5%	1 910	2 963 050
	100-120	4,11%	13,9%	1 980	795 461
	120-140	12,22%	32,2%	2 081	588 307
	140-160	18,83%	27,8%	2 305	297 582
	160-180	24,01%	3,6%	2 309	30 456
<b>Total moyen</b>		<b>3,83%</b>	<b>82,0%</b>	<b>2 132</b>	<b>4 674 856</b>
eleve	< 100	0,18%	0,9%	1 954	1 143 707
	100-120	2,23%	2,3%	1 853	256 907
	120-140	5,06%	3,9%	1 819	198 504
	140-160	12,61%	5,4%	1 850	107 373
	160-180	17,74%	0,5%	933	13 902
<b>Total eleve</b>		<b>1,97%</b>	<b>13,0%</b>	<b>1 781</b>	<b>1 720 393</b>
fort	< 100	0,04%	0,0%	1 624	197 029
	100-120	0,72%	0,1%	947	41 293
	120-140	1,49%	0,2%	1 073	47 535
	140-160	5,13%	0,3%	1 367	17 446
	160-180	1,87%	0,0%	1 798	4 491
<b>Total fort</b>		<b>0,67%</b>	<b>0,5%</b>	<b>1 234</b>	<b>307 794</b>
<b>Total</b>		<b>2,93%</b>	<b>100%</b>	<b>2 057</b>	<b>7 704 398</b>

La construction du tableau 5-11 vise à mettre en évidence l'indicateur d'habitude aux tempêtes c'est-à-dire aux vitesses de vent fortes. Cela revient à considérer que cette habitude génère des comportements adaptés par les assurés sur ces territoires. D'une manière générale, un comportement idéal de la sinistralité serait d'observer des fréquences et coûts moyens de sinistres faibles à mesure que l'indice tempête croît.

Les chiffres présentés dans le tableau 5-11 montrent que l'indice tempête se révèle avoir une influence limitée sur la fréquence de sinistres. Ils permettent cependant d'isoler une classe de coût moyen plus faible lorsque l'indice tempête est « fort » (coût moyen de 1 234 € pour un indice de tempête « fort » contre un coût moyen global de 2 057 €). Globalement, ce tableau permet, a minima, de mettre en opposition la sinistralité observée que ce soit en termes de fréquence ou de coût, entre les territoires caractérisés par une forte habitude aux tempêtes et ceux présentant une habitude faible à moyenne.

Ceci peut provenir du fait, que la survenance d'une tempête est, par définition, trop aléatoire pour générer des comportements, ou du moins, une habitude face à de tels événements. Concernant les vents violents, les dommages sont générés sur l'habitat lui-même et ne dépendent plus uniquement de la mise en sécurité réalisée par chacun des assurés.

Au final, il se révèle opportun d'avancer que l'indice « tempête » permet de déterminer des territoires soumis à de forts vents dépassant la capacité de réaction qu'il est raisonnablement possible de mettre en œuvre individuellement et rendant ainsi les facteurs « d'habitude aux vents » comme « d'habitude aux tempêtes » inefficaces face à ces extrêmes.

Après avoir passé en revue les différents indicateurs « Tempête » pouvant expliquer le comportement différentiel de la sinistralité historique, la seconde étape consiste à se placer dans les conditions précédant l'occurrence d'un tel événement et de se livrer à une estimation de la sinistralité.

#### **5.4.5. « Méta-événement » tempête pour la reconstitution des événements**

L'objet ici consiste à agréger l'ensemble des données sinistres de chaque tempête dans l'optique de constituer un seul et même événement. Les statistiques générales de cette « méta tempête » sont employées afin de reconstituer chaque tempête individuellement. L'indicateur commun est la vitesse de vent à laquelle s'ajoutent des éléments jugés discriminant pour les classes de fréquences faibles. Pour chaque classe créée (par le croisement des variables), les éléments suivants sont calculés :

- la fréquence théorique de sinistres,
- le coût moyen observé.

Ces coefficients permettent de reconstituer chacune des tempêtes en estimant le nombre ainsi que la charge sinistre à partir des éléments calculés précédemment.

Tableau 5-12 : Reconstitution des événements tempêtes selon les indicateurs décrits présentés.

Classe de Vent Seul				
	Observé	Estimé	Part Reconstituée	
Nb Sinistres	50 364	35 795	71,1%	klaus
Coût via CM Sin	101,9	74,2	72,8%	
Nb Sinistres	52 916	58 801	111,1%	Martin
Coût via CM Sin	113,7	120,4	105,9%	
Nb Sinistres	18 791	23 604	125,6%	Xynthia
Coût via CM Sin	34,4	46,9	136,3%	
Nb Sinistres	105 798	108 819	102,9%	Lothar
Coût via CM Sin	223,1	226,1	101,4%	

Classe de Vent et Potentiel Eolien				
	Observé	Estimé	Part Reconstituée	
Nb Sinistres	50 364	38 817	77,1%	klaus
Coût via CM Sin	101,9	80,3	78,8%	
Nb Sinistres	52 916	62 047	117,3%	Martin
Coût via CM Sin	113,7	126,3	111,1%	
Nb Sinistres	18 791	25 977	138,2%	Xynthia
Coût via CM Sin	34,4	51,6	150,0%	
Nb Sinistres	105 798	100 310	94,8%	Lothar
Coût via CM Sin	223,1	209,2	93,8%	

Classe de Vent et Indice Tempête (München Re)				
	Observé	Estimé	Part Reconstituée	
Nb Sinistres	50 364	38 343	76,1%	klaus
Coût via CM Sin	101,9	81,8	80,3%	
Nb Sinistres	52 916	58 752	111,0%	Martin
Coût via CM Sin	113,7	118,6	104,4%	
Nb Sinistres	18 791	25 102	133,6%	Xynthia
Coût via CM Sin	34,4	50,2	145,9%	
Nb Sinistres	105 798	105 254	99,5%	Lothar
Coût via CM Sin	223,1	218,9	98,1%	

Classe de Vent et Ruralité				
	Observé	Estimé	Part Reconstituée	
Nb Sinistres	50 364	35 900	71,3%	klaus
Coût via CM Sin	101,9	73,9	72,6%	
Nb Sinistres	52 916	59 249	112,0%	Martin
Coût via CM Sin	113,7	121,8	107,1%	
Nb Sinistres	18 791	23 672	126,0%	Xynthia
Coût via CM Sin	34,4	47,1	136,9%	
Nb Sinistres	105 798	108 030	102,1%	Lothar
Coût via CM Sin	223,1	224,0	100,4%	

Les résultats observés montrent que la reconstitution des événements amène à sous-estimer le nombre ainsi que le coût des sinistres de la tempête Klaus et à les surestimer pour la tempête Xynthia (la classe de vent maximal 120-140 km/h est susceptible de refléter un vent moyen plus proche de 120 km/h).

Pour la tempête Klaus, ces résultats s'expliquent par une fréquence de sinistralité deux fois plus élevée pour les classes de vent 120-140 et 140-160 km/h par rapport aux données issues de l'agrégation des quatre tempêtes.

Au final, il pointe ici diverses limites, notamment la qualité des informations de vitesses maximales de vent proposées par Météo France qui résultent d'une interpolation des données relevées (et corrigées) à partir de leur réseau composé de 500 stations. Eu égard à ce nombre de stations de mesure ainsi qu'à la nature du phénomène (forte variabilité spatiale du vent notamment induit par les effets locaux), l'information vitesse de vent comporte une part d'incertitudes difficilement réductible. Cela étant, la classification des vents par tranche de 20 km/h se révèle être dans le cadre de ces travaux trop ample pour refléter fidèlement le pouvoir destructeur des vents violents.

Malgré ces remarques, cette partie descriptive a permis de tirer un ensemble d'informations pertinentes pour caractériser la sinistralité observée face à une tempête. En conséquence, la prochaine section s'appuie sur cet ensemble d'indicateurs et de connaissances afin d'élaborer un modèle permettant de fournir une estimation de la sinistralité attendue lors de l'occurrence d'une tempête.

## **5.4.6. La modélisation des tempêtes**

L'objectif de cette partie est triple :

- S'appuyer sur les enseignements de la partie descriptive afin d'élaborer un modèle linéaire généralisé à partir des données d'exposition et d'intensité de l'aléa,
- Appliquer ce modèle à la reconstitution des tempêtes observées,
- Juger de la pertinence globale du modèle.

En outre, la partie théorique de ces travaux s'appuie sur ceux présentés dans la deuxième partie de ce manuscrit en se fondant sur les mêmes méthodes et techniques statistiques.

### *5.4.6.1. Démarche*

La démarche consiste ici à formaliser les relations existantes entre des variables géographiques simples avec la fréquence et le coût des sinistres « tempête » observés pour les événements Martin, Lothar, Klaus et Xynthia. Le périmètre d'étude est le territoire métropolitain.

Dans un premier temps, il est choisi de mener les analyses sur le portefeuille MRH dans sa totalité puis de zoomer sur la partie MRH PM (Propriétaire Maison). La maille d'analyse est fixée au niveau communal.

La démarche consiste à élaborer deux modèles distincts :

- un modèle fréquentiel,
- un modèle coût prédictif.

Les bases de données ainsi que les variables sont les mêmes que celles précédemment utilisées. La variable nombre de contrats par commune est intégrée comme variable d'ajustement dont le coefficient est fixé à 1 (processus de comptage, le nombre de contrats varie par commune et influence évidemment le nombre de sinistres observée).

#### 5.4.6.2. Construction et choix des variables

Les variables retenues sont celles présentées précédemment, leur significativité sera testée ultérieurement :

- Carte des rafales maximales de vents instantanés,
- Indice de ruralité,
- Potentiel éolien.

L'objet d'un tel modèle est double :

- Déterminer la combinaison optimale de variables caractérisant la fréquence d'occurrence des sinistres,
- Modéliser, sur la base des variables sélectionnées, le coût moyen de ces sinistres.

#### ➤ Les sous-modèles

Le modèle fréquentiel est réalisé sur l'ensemble des communes du territoire métropolitain. A chaque commune est associée une fréquence estimée de la sinistralité.

Le modèle coût est réalisé sur l'ensemble des communes ayant subi au moins un sinistre. A chacune de ces communes, un coût moyen est associé.

L'estimation résulte du croisement de la fréquence estimée avec le coût moyen estimé.

#### ➤ Les hypothèses constitutives du modèle

Au regard des objectifs, il est décidé de travailler via les modèles linéaires généralisés (GENMOD). La partie théorique ayant été préalablement développée, il n'en sera, dans cette partie, pas fait état.

Les tests d'adéquations aux lois menés ont montré que la fréquence des sinistres et le coût des dommages s'ajustent à une loi log-Poisson.

L'ensemble des variables a été segmenté de manière à trouver un juste équilibre entre l'homogénéité des observations et la pertinence de la segmentation.

L'organisation de l'entrée des variables dans les modèles de fréquence et de coût moyen est réalisée selon la méthode *stepwise* à la fois pour la modélisation de la fréquence et du coût.

L'indicateur d'habitude aux tempêtes a été rejeté par les tests du Qhi2 à la fois pour le modèle de fréquence et le modèle de coût. Jugé non significatif, cet indicateur est donc retiré du modèle retenu.

Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

#### 5.4.6.3. Résultats

**Tableau 5-13 : Coefficients du GLM pour le périmètre MRH total.**

Partie Masquée

Ce tableau montre que les coefficients obtenus vont dans le sens des enseignements tirés des statistiques descriptives présentées précédemment. La vitesse de vent se voit attribuer un coefficient croissant à mesure qu'elle augmente. Le potentiel éolien, au contraire, se voit attribuer des coefficients élevés pour les zones à faible potentiel et des coefficients faibles pour les zones de haut potentiel. Le dernier indicateur permet de bien mettre en opposition les territoires ruraux plus exposés aux territoires urbains.

**Tableau 5-14 : Coefficients du GLM pour le périmètre MRH PM.**

Partie Masquée

Les résultats pour le sous-portefeuille MRH PM sont quasi-identiques dans leurs tendances à ceux observés pour l'ensemble du portefeuille MRH.

Que ce soit pour le périmètre MRH ou MRH PM, les coefficients reflètent bien les enseignements obtenus via les statistiques descriptives des tempêtes et se révèlent donc être conformes aux attentes.

Seul, le potentiel éolien semble faire exception au premier abord mais cet indicateur permet seulement de mettre en opposition les zones d'habitude aux vents (potentiel éolien élevé) avec celles qui le sont moins (potentiel éolien faible).

**Tableau 5-15 : Application des coefficients déterminés à la reconstitution de la sinistralité tempête (en haut : périmètre MRH, en bas : MRH PM).**

NB observations	Estimation Nb Sinistres	Nb Sinistre Obs	Estimation Charge	CH MRH obs
145 608	284 034	284 082	592,3	592,1
	100,0%		100,0%	

NB observations	Estimation Nb Sinistres	Nb Sinistre obs	Estimation Charge	CH MRH obs
146 332	226 059	226 056	475,2	465,0
	100,0%		102,2%	

Cette étape vise à s'assurer que le modèle élaboré permet de bien reconstituer la sinistralité tempête et donc de valider l'étape de construction.

Les chiffres présentés dans ce tableau montrent la bonne qualité de reconstitution de la sinistralité tempête à partir des indicateurs présentés.

#### 5.4.6.4. Reconstitution des événements

Les coefficients obtenus en travaillant sur l'ensemble des sinistres des quatre tempêtes sont appliqués à chacun des événements séparément afin de juger de la capacité du modèle quant à leur reconstitution.

**Tableau 5-16 : Résultats de la reconstitution (périmètre MRH total).**

Tempête	Estimation Nb Sinistres	Nb Sinistre obs	%	Estimation Charge	CH MRH obs	%
klaus	46 764	51 659	90,5%	98,3	111,3	88,3%
lothar	138 208	145 745	94,8%	290,4	300,5	96,6%
martin	70 380	65 904	106,8%	146,8	143,1	102,6%
xyn	28 682	20 774	138,1%	56,7	37,1	152,6%

**Tableau 5-17 : Résultats de la reconstitution (périmètre MRH PM).**

Tempête	freq_est	nb_sin_mrh_ pm	%	cout_final	ch_mrh_pm	%
klaus	37 030	50 364	73,5%	77,8	101,9	76,4%
lothar	100 638	105 798	95,1%	213,3	223,1	95,6%
martin	62 931	52 916	118,9%	133,0	113,7	117,0%
xyn	25 466	18 791	135,5%	51,0	34,4	148,4%

Au final, il ressort également que le modèle élaboré sur le périmètre MRH total donne des résultats sensiblement meilleurs.

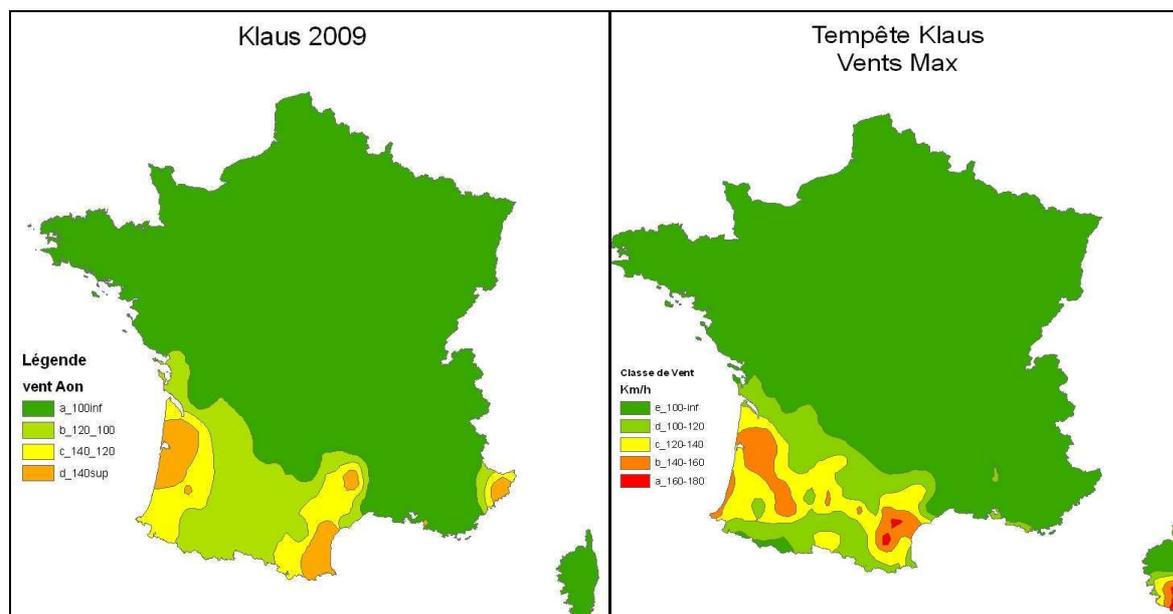
Cependant, il apparaît :

- Une surestimation de la tempête Xynthia déjà observée précédemment. Les causes probables sont toujours les mêmes : amplitude des classes de vent trop importante ne reflétant pas la réalité et un coût moyen des sinistres plus élevé que le marché,
- Une reconstitution partielle de la tempête Klaus (due à la fréquence de sinistre plus élevée (facteur 2) pour les classes de vent fort par rapport à Lothar et Martin).

#### 5.4.6.5. Test de sensibilité aux vents

D'une manière générale, la vitesse de vent est le facteur le plus influant pour expliquer la sinistralité tempête. Cependant, il n'est pas rare de trouver, dans certaines publications, d'autres cartes de vent provenant d'autres sources que Météo France et présentant des profils de vent différents.

Afin de tester la sensibilité du modèle, un test est réalisé en utilisant une carte figurant dans un rapport d'Aon Benfield fourni par ce courtier à la société AXA.



**Figure 5-14 : Cartes des vents publiées par Aon Benfield (à droite) et par Météo France (à gauche).**

La carte des vents de gauche est introduite dans le modèle. La carte des vents d'Aon présente des différences importantes avec celles de Météo France avec notamment une zone de vents forts sur la pointe sud-est du Golfe du Lion, non vérifiée dans les observations (absence de sinistralité).

**Tableau 5-18 : Résultats du modèle selon la carte des vents et le périmètre d'analyse.**

		Klaus - Sensibilité vent					
	Tempête	Estimation Nb Sinistres	Nb Sinistre obs	%	Estimation Charge	CH MRH obs	%
Vent Aon	MRH	50 956	51 659	98,6%	106,9	111,3	96,0%
	MRH pm	35 834	50 364	71,1%	75,2	101,9	73,8%
Vent Meteo France	MRH	46 764	51 659	90,5%	98,3	111,3	88,3%
	MRH pm	37 030	50 364	73,5%	77,8	101,9	76,4%

Le tableau ci-dessus montre une précision accrue du modèle lorsque celui-ci est élaboré à partir de la carte des vents publiés par Aon. Il faut noter que la répartition spatiale de la sinistralité observée lors de la tempête Klaus s'avère largement plus en phase avec les données de Météo France plutôt que celles d'Aon.

En conclusion de ce test, il apparaît que la sensibilité du modèle s'avère limitée puisque les résultats montrent un écart maximal inférieur à 8% malgré le différentiel existant entre les deux cartes d'aléa.

### 5.4.7. Reconstitution de la tempête Herta (1990)

L'idée ici consiste à réaliser l'estimation de la sinistralité d'une tempête majeure antérieure à celle étudiée dans ces travaux. Le choix s'est porté sur la tempête Herta survenue le 5 février 1990.

#### 5.4.7.1. La tempête Herta, premiers indices

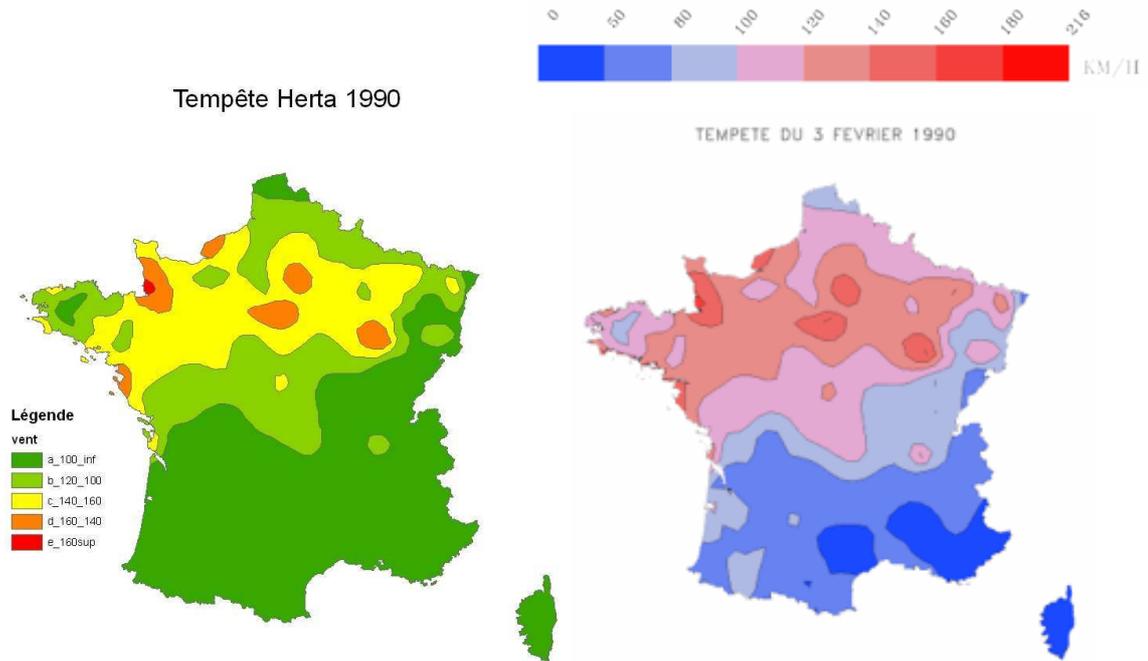
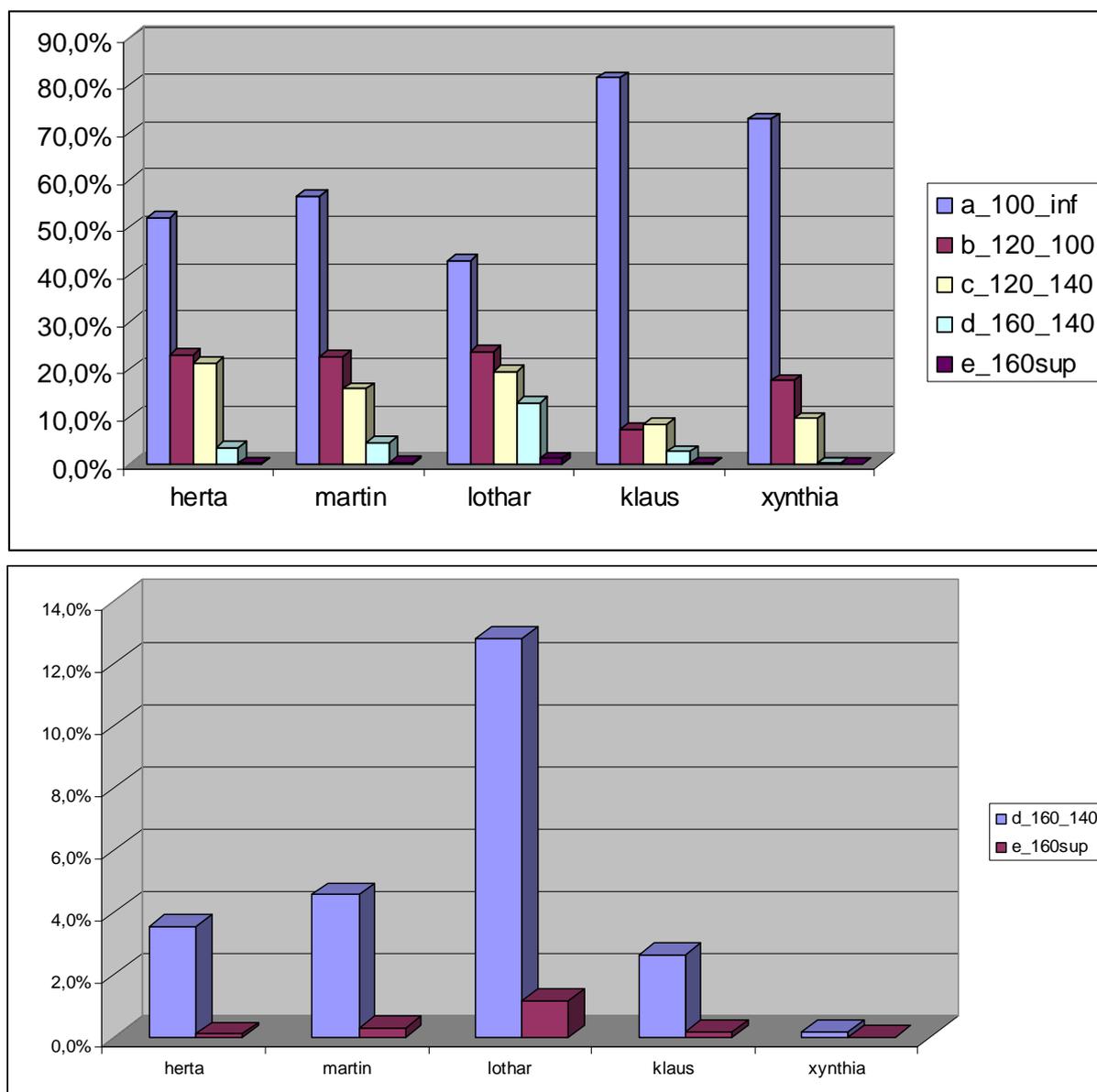


Figure 5-15 : Vitesse des vents relevée lors de la tempête Herta (Météo-France).

La figure 5-15 montre qu'une partie de l'Ile-de-France semble touchée par des vents compris entre 140 et 160 km/h laissant suggérer une forte sinistralité due à la densité des habitations sur ces territoires.

Tableau 5-19 : Superficie (km<sup>2</sup>) des territoires selon la vitesse des vents.

vent	herta	martin	lothar	klaus	xynthia
a_100_inf	289 708	315 087	238 230	453 513	408 863
b_120_100	128 529	126 268	131 697	40 882	98 992
c_120_140	117 868	88 090	108 792	46 490	53 621
d_160_140	19 868	25 450	71 278	14 711	976
e_160sup	605	1 683	6 582	982	0



**Figure 5-16 : Eléments de positionnement de la sinistralité attendue pour la tempête Herta.**

Le tableau 5-19 et la figure 5-16 révèlent que le profil de vents de la tempête Herta s'apparente à ceux de la tempête Martin.

A la simple lecture de ces histogrammes, il semble logique de penser que le coût de la tempête Herta, si elle se produisait aujourd'hui, devrait générer une charge à hauteur de celle de Martin voire légèrement supérieure puisque l'Ile-de-France est touchée par des vents élevés.

#### 5.4.7.2. Application du modèle

La détermination du nombre de contrats présents en portefeuille lors de la tempête Herta en 1990 ne peut raisonnablement pas être envisagée puisque la dernière vision disponible des données contrats dans le système d'information ne remonte qu'à fin 2003.

Afin de se dégager de cette contrainte, il a été choisi de refaire un modèle en excluant l'information nombre de contrats par commune et en introduisant dans le modèle le nombre d'habitants issus du recensement INSEE de 1999.

Seuls, les résultats sont montrés ici, la constitution du modèle est passée outre.

**Tableau 5-20 : Estimation du coût 2011 de la tempête Herta.**

	Estimation Nb Sinistres	Estimation Charge
herta PM	80 634	126,3
herta MRH	104 422	188,3

En 1990, le coût toute branche dommage de la tempête Herta s'est élevé à 113 M€. Actualiser ce chiffre s'avère délicat en raison de l'évolution du portefeuille de la société.

Pour juger de la qualité de l'estimation, seule la comparaison avec les bilans de la tempête Martin (~143M€ en MRH et 114 M€ en MRH PM) peut être réalisée. En se référant à la figure 5-19, il apparaît que ces résultats sont cohérents, puisque légèrement supérieurs à ceux de Martin (plus forte densité de populations et donc d'assurés sur les territoires touchés par des vents forts).

### 5.4.8. Les enseignements

Cette section synthétise les travaux menés pour la réalisation d'un modèle prédictif de la sinistralité tempête fondés sur l'analyse des principaux événements historiques. Ces travaux ont permis de :

- Dégager des tendances générales visant à expliquer au mieux avec les éléments à disposition, la sinistralité observée selon l'intensité des tempêtes,
- Formaliser ces tendances dans un modèle général permettant de reconstituer les événements passés et de proposer des estimations pour d'autres événements.

De ces travaux, il ressort divers enseignements qu'il convient de rappeler :

- Les données publiées par Météo France sur Internet deux jours après l'événement, permettent de déterminer les vitesses de vent sur le territoire métropolitain et de les confronter à la sinistralité historique,
- La disponibilité d'indicateurs peu évolutifs permettant de refléter aussi bien l'habitude des territoires aux vents que l'atténuation des vents en milieu urbain.

Par conséquent, un ensemble de variables conditionnant en partie ce type d'aléa est disponible et exploitable pour la constitution d'un modèle général, nécessitant tout de même une étape « manuelle » de traitement de l'information vitesse de vent. Le modèle requiert seulement en entrée l'introduction de la carte des rafales de vent.

Au demeurant, les cartographies de Météo France publiées sur le web ne sont valables qu'à une échelle moyenne. L'emploi de ces données engendre obligatoirement des erreurs de natures :

- Quantitatives : la digitalisation des contours des vitesses de vent (du fait de la résolution moyenne des cartes) induit des imprécisions pouvant aller jusqu'à représenter une à deux communes,
- Qualitatives : dues à l'amplitude élevée des classes de vent (20 km/h), notamment sur les tempêtes les plus faibles (exemple de Xynthia où la classe de vent 120-140 km/h est susceptible de refléter un vent moyen plus proche de 120 km/h).

D'une manière générale, la qualité des informations disponibles, pour la réalisation et l'application du modèle proposé, se révèle être satisfaisante eu égard aux besoins et à l'utilisation faite de ces informations. Seule, l'amplitude des classes de vent peut s'avérer être trop large en théorie. Cependant la forte variabilité spatiale de ces phénomènes combinée aux limites du réseau de mesures rendent, d'une certaine manière, illusoire d'obtenir des données d'une qualité accrue dans le cadre de cette utilisation.

Les limites proviennent également des caractéristiques physiques de l'événement étudié :

- L'élaboration d'un modèle à partir de tempêtes majeures (Lothar et Martin) et d'autres plus modestes (au regard de ces dernières), tend à apporter une vision trop représentative des tempêtes de 1999,
- Le recours à des critères de vulnérabilité globaux et non locaux (site à site) induit inévitablement des imprécisions,
- Les difficultés inhérentes à la mesure du vent, son caractère extrêmement variable sur des espaces réduits et de la résolution moyenne des données publiées par Météo France,
- Les difficultés à élaborer des indicateurs de vulnérabilités autres que ceux proposés ici.

Le choix de ne pas intégrer dans l'analyse les données sinistres de la tempête Quinten survenue les 9 et 10 février 2009 s'expliquent par :

- La faiblesse des volumes tant en nombre qu'en charge,
- La forte suspicion de comportements atypiques induits par la proximité temporelle entre deux tempêtes (Quinten survenue une dizaine de jours après Klaus),
- L'amplitude des classes de vent inadaptée pour les tempêtes d'intensité faible (ex: la classe de vent 120-140 km/h peut avoir une moyenne proche de 120 km/h).

Il ne faut pas oublier que, pour une estimation du nombre de sinistres et donc dans une optique d'anticipation de l'afflux d'appels vers les centres de gestion de sinistre, il convient de tenir compte de la part de sinistres déclarés dont les montants sont inférieurs à la franchise.

Au demeurant, la partie descriptive de ce document a permis de tirer les enseignements suivants :

- L'indice de ruralité permet de mettre en exergue un important différentiel de sinistralité tant pour la fréquence (facteur 2) que pour le coût des sinistres et reflète bien les atténuations des vents ainsi que l'incapacité des rafales à pénétrer au cœur des zones urbaines,
- Le recours au potentiel éolien permet de moduler la fréquence des sinistres dans les « petites » classes de fréquence qui portent la majorité de la sinistralité,
- L'indice tempête s'avère ici moins discriminant que le potentiel éolien pour la fréquence mais permet d'isoler une classe de coût moyen faible (indice fort).

En comparant ces résultats à ceux obtenus pour le périmètre MRH dans sa totalité, il apparaît toujours des différentiels importants en termes de sinistralité pour une même classe de vent. Cela justifie de combiner aux vitesses de vent d'autres informations influençant la vulnérabilité des enjeux aux tempêtes afin d'accroître la précision des estimations.

Quant aux résultats du modèle linéaire généralisé, ils ont permis de montrer que :

- Quel que soit le périmètre (MRH, MRH PM), les mêmes tendances se dégagent,
- Le passage d'un périmètre large à un plus fin ne permet pas de préciser significativement les résultats du modèle et donc de mieux appréhender la sinistralité tempête à travers les indicateurs mis en place,
- La reconstitution de chacune des tempêtes permet d'en estimer le coût à plus ou moins 10% en travaillant sur le périmètre MRH Total à l'exception de la tempête Xynthia dont les causes ont déjà été évoquées (classe de vent « faussée » et dans une moindre mesure un coût moyen plus élevé que le marché ~40%),
- La sensibilité du modèle aux erreurs inhérentes, pour une même tempête, à la variation des vitesses de vent selon la source d'informations est limitée (les écarts entre les estimations sont réduits), même lorsque les cartes d'aléas s'avèrent significativement différentes,
- Le test mené sur la tempête Herta a donné des résultats qui, malgré l'impossibilité d'une véritable comparaison, sont à la fois cohérents et conformes à ce qu'il pouvait être attendu au regard de la physiologie de la carte des vents.

## Conclusions du cinquième chapitre

Le cinquième chapitre est le fruit de la mise en perspective des éléments pouvant mener à l'évolution de l'offre de service au sein de la société AXA France. Il unit le segment gestion des événements d'ampleur propre au contexte industriel spécifique et le contexte théorique spécifique à ces travaux via le recours à l'information géographique et son intégration dans les processus métiers de l'assurance. Ce chapitre montre comment l'appropriation de connaissances nouvelles issues de l'information géographique se révèle être un véritable levier quant au développement de services innovants.

- Les enjeux de la mise en place d'un système d'alerte

La thématique de la gestion des événements d'ampleur représente davantage qu'un simple service. La mise en place d'un tel système permettant de prévenir les clients sur les risques qu'ils encourent, par anticipation, constitue une véritable évolution du métier d'assurance. Il s'agit dans ce contexte d'un service faisant entrer l'assurance dans une nouvelle dimension en allant au-delà de ce qui est classiquement pratiqué par une assurance. Cela témoigne d'un véritable soin, d'une marque d'attention forte au plus proche des clients.

En revanche, les difficultés inhérentes à la mise en place d'un tel service sont nombreuses et les risques qui en découlent également. En effet, les difficultés techniques proviennent de celles rencontrées quotidiennement par les prévisionnistes météorologiques. Prédire l'occurrence d'un événement d'ampleur reste dans le domaine du possible (bien que la qualité de prédiction varie selon la nature de l'événement) mais prédire les zones d'impact avec certitude s'avère déjà plus délicat. Il s'agit du talon d'Achille de ce système de gestion. Le nombre de solutions techniques varie presque autant que le nombre de prestataires rencontrés. Ceci souligne bien que l'on touche ici aux limites des avancées de la science dans ce domaine.

Face à cette problématique, les éléments présentés ont permis de bien distinguer le différentiel d'enjeux en matière d'alerte. Ceux-ci se déclinent selon deux niveaux : le premier à des fins de communication interne (activation et organisation de réseaux dédiés à la gestion de crise) et l'autre à des fins de communication vers des particuliers (alerte, mesure de précaution).

- La qualité de l'information

La mise en place d'un tel service innovant met en exergue l'importance de la notion de qualité de l'information non pas intrinsèque mais du point de vue du besoin, de l'utilisation qui lui est destinée. S'intéresser à la prévision des événements d'ampleur touchant à la sécurité publique pour, finalement, influencer les comportements des assurés notamment en période de pré-crise et de crise, nécessite de bien s'interroger en jaugeant sous chaque angle les conséquences découlant de cette prise de responsabilité. Un des pierres d'achoppement de la réussite d'une telle entreprise repose sur la qualité de l'information délivrée.

Dans ce cadre, cette notion résulte d'un enchevêtrement de critères qui conditionne ce que l'on peut appeler la performance de la prévision. Elle mêle ici trois aspects distincts :

- l'adéquation entre l'intensité de l'événement prédit et le « réalisé »,
- l'adéquation entre les territoires touchés et ceux définis dans l'alerte,
- le délai séparant la réception de l'information et l'occurrence réelle de l'événement prédit.

Une information fiable en termes d'intensité d'événement et fournie dans un délai raisonnablement court (chronologie relative selon le péril en question) ne peut autoriser que la mise en action des plans de gestion des événements à des fins d'organisation interne de l'entreprise se déclinant autour de l'activation de la cellule de crise, la mobilisation de ressources, le dimensionnement des réseaux, la diffusion des modalités et des conditions de gestion... En revanche, une information fiable déterminant de manière précise et exhaustive l'ensemble des territoires impactés par l'événement se révèle être une condition sine qua none pour la communication de messages d'alerte à destination des clients.

A ce stade, seule une étape d'expérimentation passant par la mise en place de partenariat avec des prestataires permettra de juger du niveau de qualité des données délivrées et, in fine, de leurs performances dans le cadre d'un usage interne et dans une optique de diffusion d'alerte à des tiers. Dans cette optique, un partenariat avec la société Saretec est d'ores et déjà mis en place.

- Les apports de la mise en place d'un tel système

L'étape d'intégration des données d'alerte météorologique dans les processus métiers à savoir la prédiction de la sinistralité attendue pour un événement relève d'une importance particulière que ce soit dans une optique de dimensionnement des réseaux internes pour faire face à l'événement ou à des fins de communication suite aux pressions médiatiques. La réalisation d'un modèle prédictif de l'impact d'un événement d'ampleur, couplant les informations sur l'intensité de l'aléa à d'autres relatives à l'environnement dans lequel sont situés les biens assurés, permet d'apporter une réponse rapide à cette problématique notamment dans les premières heures suivant l'événement. L'exemple pris sur le sujet des tempêtes permet de témoigner des possibilités actuelles en la matière et du degré de précision attendu. Rappelons qu'aucune vision n'est disponible aujourd'hui avant les premières remontées de déclaration de sinistres soit quelques jours après l'événement. La mise en perspective de ce délai avec celui visant par exemple à définir les conditions de gestion des sinistres se trouvent de facto incompatible et obligent les décideurs à prendre des décisions étayées par peu ou prou d'éléments.

Face à ce constat, l'usage de données « climatiques » (zones impactées, nature de l'événement...) fournies au travers des alertes météorologiques se révèle être un moyen efficace afin de produire une estimation de la sinistralité attendue en réduisant les délais d'attente incompressibles via les procédés traditionnels. Le recours à des procédés plus déterministes pour évaluer la sinistralité attendue est donc un moyen complémentaire permettant de combler la place vacante dans la temporalité actuelle de l'estimation en s'intercalant entre l'occurrence de l'événement et les premières informations relatives au volume de sinistres déclarés dans les premiers jours suivant l'événement.

En conséquence, le recours à l'information géographique se révèle comme une véritable opportunité pour l'assurance afin d'innover en matière d'offre de services en permettant de renforcer la relation assureur/assuré voire d'introduire une marque d'attention ne faisant pas partie, aujourd'hui, du paysage classique de l'assurance.

Enfin, ce chapitre montre en quoi et comment l'acquisition de nouvelles connaissances issues de l'information géographique peut faire évoluer l'offre de service de l'assurance en matière de gestion des événements d'ampleur. Elle permet donc de démontrer le potentiel d'innovation latent que représente l'intégration de l'information géographique avec comme objectif sous-jacent le renforcement de l'image de la marque.

Le prochain chapitre vise à s'intéresser au poids potentiel de l'information géographique sur l'organisation de l'offre d'assurance que ce soit pour le risque de souscription pour les branches MRH et MRE (Multi Risque Entreprise), soit sur la création de nouvelles garanties fondées sur les connaissances nouvelles issues de l'information géographique.

---

## **CHAPITRE 6 : L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE L'ASSURANCE**

Le sixième chapitre décrit en quoi l'apport de l'information géographique peut venir modifier le paysage de l'assurance en introduisant comme variable tarifaire la localisation du bien assuré et son exposition. La première section décrit les stratégies possibles et leurs limites pour faire évoluer la politique de souscription en risque de masse par l'intégration de variables « climatiques ». La deuxième section synthétise les éléments visant à démontrer les perspectives offertes par l'acquisition de connaissances nouvelles en termes de gestion financière de ces risques via des indicateurs directement mesurables à l'échelle du territoire national. La troisième section reprend la même philosophie d'approche que celle mise en place pour les risques de masse et est appliquée à la branche entreprise. Ce dernier chapitre permet de démontrer les opportunités offertes par l'intégration de l'information géographique pour élaborer de nouvelles garanties permettant de proposer des produits d'assurance innovants.

Dans un marché marqué par des saillies récurrentes poussant, a minima, vers un changement de paradigme du régime CatNat, diverses réflexions doivent être amorcées afin d'envisager les solutions théoriques et techniques qu'il serait possible de mettre en œuvre. Le champ de ces réflexions concerne aussi bien le périmètre dudit régime que ses limites qui se révèlent parfois floues et incertaines. Ces situations, qui feront l'objet de développements, se révèlent être source, dans de nombreux cas, d'un certain malaise voire d'une incompréhension des conditions d'indemnisation et du système CatNat en général parmi la population d'assurés.

### **6.1. POLITIQUE DE SOUSCRIPTION EN RISQUE DE MASSE**

Les enjeux de la souscription en risque de masse relèvent de nombreux impératifs. L'un des principaux concerne la rapidité de l'ensemble du processus dans le sens où, le souscripteur doit être en mesure de présenter un devis chiffré dès l'ensemble des informations relatives au bien assuré collecté (dans le cas d'une souscription de visu entre un agent et un client). Dans une optique métier, la connaissance d'indicateurs d'exposition à des risques d'origines naturelle ou technologique doit permettre d'améliorer la gestion même de ces risques sur l'ensemble de la chaîne de valeur assurantielle en permettant, par exemple, de se dégager de tous les travaux menés en « back-office » pour la constitution de ces variables. Ces deux

éléments sont directement reliés au montant de la prime moyenne en assurance du particulier comme la MRH empêchant toute expertise ou analyse manuelle faite au cas par cas. La dimension de ces contrats rendant clairement prohibitive toute modification profonde du processus de souscription comme, par exemple, d'imposer la consultation d'un site internet comme Cartorisque pour le risque inondation ou Infoterre pour le risque de retrait gonflement des argiles.

### **6.1.1. Stratégie pour l'intégration de variables « climatiques »**

Au sein de la société AXA France, cette réflexion implique, dans un premier temps, de juger de la stratégie à adopter ou, tout du moins, de cartographier les possibilités qui s'offrent à elle. Le but étant d'apporter une vue d'ensemble de ce projet en mettant en exergue les multiples facettes et les conséquences directes et/ou indirectes qui découlent de la stratégie envisagée.

D'une manière pragmatique, il convient de s'interroger sur la solution la plus conservatrice des intérêts du secteur :

- Faut-il maintenir le régime CatNat actuel globalement équilibré ?
- Doit-on individualiser le traitement des assurés et adopter des leviers tarifaires selon le risque réellement encouru ?

Le dessein qui semble se profiler actuellement, consiste en un mixage des deux : une encoche au principe de solidarité qui, en modulant la surprime CatNat des contrats dommages aux biens, fait un premier pas vers l'individualisation de la tarification des risques.

### **6.1.2. Structure du processus**

Que le choix du modèle (interne, marché ou commercial) se porte sur l'une ou l'autre des solutions, il convient de se rappeler que la structure d'un tel projet peut se scinder en trois blocs distincts mais inter-reliés :

- Les données d'aléa en elles-mêmes, les points à considérer, a minima, sont les suivants :
  - Homogénéité,
  - Complétude,
  - Précision,
  - Validation,
  - Transparence sur la modélisation,
  - Communauté de partage,

- Souplesse,
- Coût,
- Délai d'obtention...

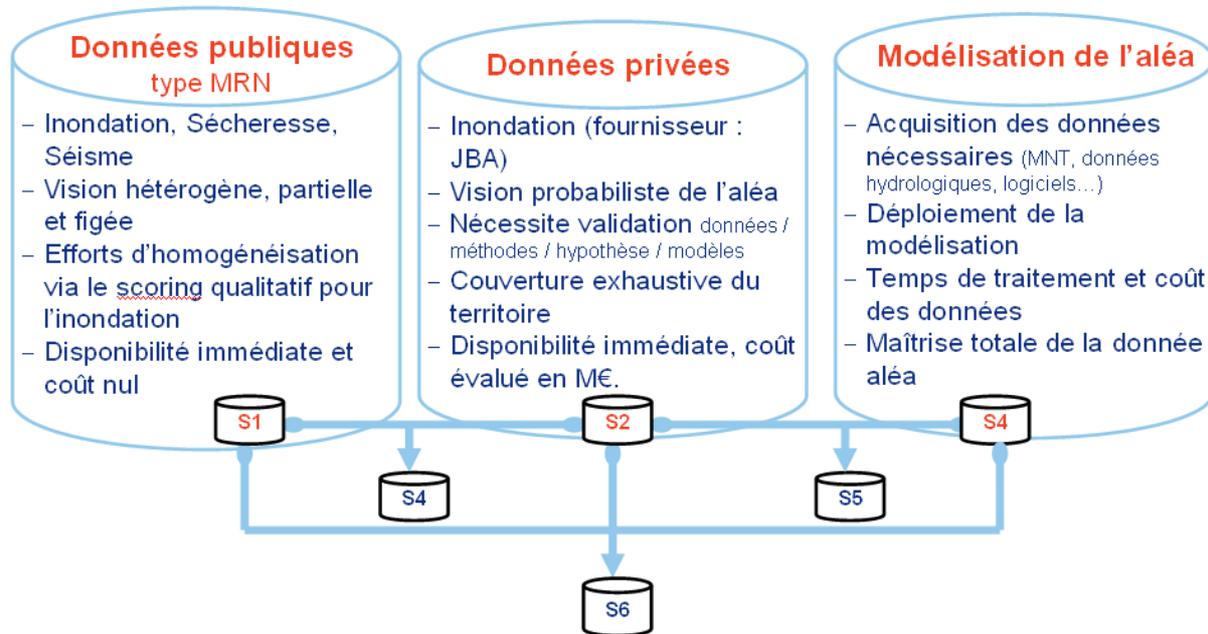


Figure 6-1 : Illustration du choix des données aléa.

La figure 6-1 illustre la multiplicité des choix existants pour la construction du référentiel aléa. Ce choix doit être fait après avoir étudié le rapport coût / bénéfice qu'une solution apporte et aussi au regard de la stratégie de l'entreprise. Pour schématiser, l'emploi de données strictement publiques revient, dans une certaine mesure, à se rapprocher d'un standard marché, en utilisant une donnée disponible et donc commune à tous les acteurs de l'assurance. A contrario, la démarche opposée consistant à produire une nouvelle donnée induit une différenciation forte et revient à prendre une distance vis-à-vis du marché et des autorités publiques.

- o La liaison entre l'aléa et l'enjeu, cette étape doit se faire en considérant les éléments suivants :
  - Temps de réponse,
  - Robustesse,
  - Intervalle entre deux mises à jour,
  - Précision,
  - Fonctionnalités additives,
  - Souplesse,
  - Coût,

- Délai d'implémentation,
- Homogénéité.
- Les règles de souscription, dont l'élaboration dépend de :
  - La confiance dans l'information traitée
  - Le degré de transparence (vis à vis de l'Etat, des agents, des clients)
  - L'impact réseau
  - Le coût
  - Le délai de mise en œuvre...

Dans tous les cas et pour chacun de ces trois « blocs », les coûts devront être confrontés aux bénéfices attendus. D'une manière générale, l'efficacité d'un tel processus est conditionnée à la réalisation de deux éléments sous-jacents :

- La géolocalisation des adresses de risque selon deux approches fondamentalement opposées :
  - Le webservice, via l'interrogation en temps réel d'une plate-forme de géocodage. L'avantage de cette structure est sa souplesse, son caractère évolutif à la demande. Son inconvénient majeur réside dans la création d'un processus sortant du système d'information interne d'AXA France. Cela entraînerait, de facto, un allongement des temps de réponse ainsi qu'un défaut de maîtrise directe de l'ensemble du processus de souscription. Potentiellement, il apparaît donc ici un impact sur la fiabilité du système dans son ensemble.
  - L'intégration au sein du système d'information d'AXA France d'une table préenregistrée contenant l'ensemble des adresses postales du territoire national dont les expositions face à tel ou tel risque ont été déterminées à l'avance. Son principal avantage est son intégration directe au cœur du système assurant ainsi une maîtrise totale des temps de réponse. Son inconvénient provient de sa « lourdeur » et de sa rigidité au regard, par exemple, d'une mise à jour, que ce soit des adresses en elles-mêmes ou, lors d'une information nouvelle sur un aléa.
- La détermination des engagements selon le risque considéré. Un engagement incendie peut très bien être différent d'un engagement tempête, inondation ou subsidence. Cela implique de définir des règles permettant de calculer le montant des engagements.

### 6.1.3. Choix du modèle

L'acquisition de nouvelles connaissances et leurs mises en disponibilité en temps réel peut s'appuyer, comme mentionné plus haut, sur des données d'origines diverses et variées. Devant l'impact d'un tel choix et au stade actuel de la réflexion sur le sujet, un éclairage portant sur les conséquences induites par le choix de tel ou tel modèle s'impose.

#### 6.1.3.1. *Modèle issu d'une solution marché*

A ce stade, diverses interrogations surviennent concernant notamment la maîtrise méthodologique des rouages permettant la mesure de l'exposition. En effet, un modèle créé par et à destination de l'ensemble des acteurs du marché serait, en principe, d'une transparence totale sur la méthodologie sous-jacente. En revanche un modèle commercial, par définition, serait plus de type boîte noire, à moins d'en acheter la propriété. D'ores et déjà, se pose la question de l'intérêt de s'orienter vers un modèle marché. En effet, Axa France étant l'un des leaders du marché, la mise en commun des données d'AXA avec celles des autres assureurs se ferait de fait à l'avantage des plus modestes qui bénéficieraient ainsi des données historiques et, pour certains mêmes, de l'expérience ou tout du moins des réflexions sur des sujets non-nécessairement prioritaires chez l'ensemble des professionnels de l'assurance. D'un point de vue concurrentiel, l'intérêt de sortir du système actuel pour finalement traiter ces risques de manière quasi-homogène, semble pour le moins limité que ce soit pour l'assureur et l'assuré. Au demeurant, la vision citoyenne de ce projet ne semble bénéfique que si les grilles tarifaires d'exposition au risque sont couplées avec un ensemble de mesures de mitigations à mettre en œuvre afin de recouvrer des taux de primes non prohibitifs. En effet, il faut garder à l'esprit que les expériences nord-américaines ou chez certains pays européens, comme l'Allemagne, ont montré que la libéralisation de ce type de marché, notamment celui des inondations, se traduit systématiquement par des taux de pénétration des couvertures d'assurance très faibles.

Ensuite, les aspects techniques rentrent également en ligne de compte, avec notamment la question sur la souplesse de l'outil en termes d'évolution et/ou de correction. Un modèle interne permet d'avoir la mainmise sur ses composants constitutifs assurant ainsi une souplesse à discrétion des décideurs.

Un modèle marché, quant à lui, requiert soit la mise en place d'une structure dédiée ayant les compétences requises et fédérant l'ensemble des acteurs du marché, soit l'utilisation d'une structure préexistante comme la Mission Risque Naturelle. Cette possibilité permet de se détacher des contraintes de la création en interne de l'infrastructure de données en se délestant des contraintes techniques et humaines inhérentes à sa gestion. Cela engendrerait également, dans le cas où elle serait adossée à une structure existante, un coût quasi-nul (pour la création de la base de données).

Néanmoins, la problématique de l'intégration de ces données aux systèmes d'informations métiers propres à chaque assureur, reste évidemment entière. Les avantages d'une telle solution peuvent se révéler attrayant avec la sécurité qu'elle procure ou, tout du moins, le sentiment rassurant engendré par l'emploi de données communes assimilables, de manière mécanique, à un standard marché. Les risques d'erreurs, de mauvais positionnement ou tout autre relatif, par exemple, à l'emploi de zonages d'aléas erronés seront partagés par l'ensemble des acteurs du marché. Cela dégage ainsi la responsabilité directe de chaque

société. Il est évidemment plus aisé de s'appuyer sur des données « standard » que sur des données internes, notamment sur ces thématiques nouvelles encore non maîtrisées et, avec lesquelles, peu de professionnels de l'assurance sont familiarisés. Un dernier point mérite attention. Il concerne les mises à jour ou évolutions de la solution mise en place qui impliquent un consensus ou, tout du moins, un accord de toutes les parties prenantes. Ce processus décisionnel, issu de concertations pouvant occasionner de longues tractations, permet, à n'en pas de douter, de qualifier la souplesse d'une telle solution comme quasi nulle.

#### 6.1.3.2. *Modèle issu d'une solution commerciale.*

S'orienter vers un modèle issu d'une solution commerciale nécessite au préalable de définir précisément les besoins de l'entreprise. Un modèle commercial a l'avantage de pouvoir être dimensionné pour répondre le plus précisément possible aux besoins exprimés par AXA. Il faut également ajouter que cela constitue un moyen de se démarquer du marché en acquérant, sur des thématiques de plus en plus d'actualité, une connaissance et une maîtrise accrues permettant d'élaborer de nouvelles stratégies de positionnement sur ces nouveaux segments et ce, de manière déconnectée du reste du marché. En conséquence, il apparaît, en termes de concurrence, des opportunités fortes pour se différencier sur des segments offrant une marge de progression latente tant du point de vue technique que de la prévention avec en point de mire, une progression de la rentabilité de ces branches.

Dans cette optique, différents courtiers en réassurance ont été contactés, certains disposant déjà de modèles élaborés ou en cours d'élaboration. La proposition la plus aboutie et offrant des perspectives opérationnelles fut celle apportée par Guy Carpenter.

Guy Carpenter dispose de zonages d'aléa inondation sur la quasi-totalité des grands cours d'eau en France pour des périodes de retour de 10, 20, 50, 100, 200 et 500 ans. Ces informations sont le fruit d'un partenariat passé avec la société Intermap qui a mis à disposition son modèle numérique de terrain France entière à une maille de 5 m pour une précision planimétrique de 2 m et une précision altimétrique de 1 m (source : Intermap). Avoir une vision homogène de la fréquence de ces événements sur la France entière s'avère très intéressante à des fins opérationnelles. Cela procurerait les moyens techniques pour déterminer les lois de distribution probabilisée de pertes.

Afin de se forger un avis objectif et éclairé sur sa capacité à traiter ce type de problématique, une entente a été mise en place avec ce courtier. Une étude sur la sinistralité historique observée sur le portefeuille d'assurés d'AXA France IARD a été confiée à Guy Carpenter. Ce partenariat induit un transfert de données à la fois du portefeuille d'assurés et de la sinistralité observée. Cela a été conditionné à une transparence sur les résultats ainsi que la méthodologie employée. Les enseignements ont été minces tout comme la valeur ajoutée par rapport aux travaux réalisés en interne. Guy Carpenter, qui avait déjà réalisé des études similaires sur le portefeuille d'autres sociétés d'assurance, a permis de confirmer le comportement homogène des portefeuilles entre différents acteurs du marché. A titre indicatif, le modèle proposé par ce courtier a établi des coûts moyens pour la sinistralité des contrats MRH type « Maison » inférieurs de plus du tiers du coût moyen observé. Au final, le modèle surestimait la fréquence et sous-estimait le coût par sinistre. Malgré ces écarts, certaines conclusions de ces études menées en parallèle ont mis en exergue les difficultés à traiter ce type de risque sans la connaissance de certaines informations sur la nature des enjeux considérés, entraînant de facto une incapacité à élaborer des courbes de dommages et/ou d'endommagements fiables.

Nonobstant les divergences du volet vulnérabilité, ce partenariat avec Guy Carpenter s'est révélé instructif. La partie la plus attractive concerne bien évidemment la manne de données sur les aléas à disposition. Malheureusement le coût avancé, se chiffrant en millions d'euros, s'est révélé rédhibitoire et a stoppé toute velléité d'acquisition de ces données.

#### 6.1.3.3. *Modèle issu d'un développement interne*

Plus généralement et dans une optique concurrentielle, il convient de s'interroger sur la mise en commun de données, se faisant au détriment des acteurs majeurs et au profit des plus modestes pour ce qui a trait à l'exposition et à la vulnérabilité (ie, la conception d'un outil de gestion global de ces risques). En revanche et concernant les données aléas, il est bien évidemment entendu que cela relève du rôle et de la responsabilité des pouvoirs publics d'informer les citoyens sur les risques auxquels ils sont exposés et donc de fédérer ces informations à un niveau marché.

Au final, faire de la tarification au risque, comme il est évoqué ici, requiert la réalisation d'un outil pour la souscription, qu'il s'agisse de se relier à des données « marché » ou « interne ». En conséquence, les efforts financiers à consentir côté informatique sont identiques, quelle que soit la solution adoptée. Il semble que la situation relève plutôt d'un choix stratégique dans un contexte qui évolue manifestement vers une libéralisation accrue du régime CatNat actuel, sans oublier l'intérêt potentiel de cette nouvelle connaissance en matière de prévention.

Le développement d'un modèle propre à AXA France offre l'opportunité de se différencier sur un segment de marché non encore exploré. Cela peut revenir à prendre un avantage technologique tout en gagnant en connaissance sur des problématiques touchant à la sécurité publique. Evidemment, cela constitue également un danger potentiel en se positionnant de manière atypique sur un tel marché.

### **6.1.4. L'élaboration de règles de souscription**

Une fois que la mise en place d'un système permettant de déterminer l'exposition au moment de la saisie d'une adresse de risque est acceptée, il convient d'y associer des stratégies d'actions. Dans cette optique, plusieurs possibilités sont envisageables et dépendent également de l'intensité et de la visibilité souhaitée sur le sujet. En effet, plus l'impact à la souscription sera fort, plus le signal envoyé au pouvoir public le sera également. A l'inverse, les actions mises en œuvre peuvent se cantonner à la remontée des informations d'exposition avec des impacts tarifaires nuls. La connaissance de l'exposition peut se révéler être un atout précieux pour l'image de la marque en déployant des campagnes ciblées de prévention pouvant aller du simple relai des informations préventives et des guides de bonnes pratiques édictées par les autorités publiques, à la mise en place de systèmes d'alertes personnalisés aux clients comme cela a été évoqué dans le chapitre précédent.

En se plaçant dans l'hypothèse d'édiction de règles de souscription, quatre leviers principaux sont à la disposition de l'assureur :

- Le refus pur et simple de souscrire,
- L'acceptation conditionnelle du risque,
- L'encadrement des garanties via des leviers tarifaires tels que la franchise ou encore l'abaissement du plafond de garantie,
- La modulation tarifaire.

#### 6.1.4.1. *Le refus de souscription*

Cette prise de position est la plus forte. L'intérêt de l'exclusion s'inscrit clairement sur le long terme et vise à ne pas intégrer au portefeuille des risques jugés trop pénalisant financièrement. Cela peut se faire selon l'historique de la sinistralité du lieu de risque et / ou selon son niveau d'exposition.

La mise en place d'un tel processus, qui peut s'interpréter comme une véritable sanction, ne peut être réalisée que s'il s'adosse à des données d'une qualité irréprochable. L'information renvoyée par le système doit être précise sur l'ensemble du processus que ce soit la géolocalisation ou le zonage aléa en lui-même.

Enfin, il convient de préciser que l'assurance est un droit en France. En conséquence, les demandeurs ayant essuyé un refus peuvent s'adresser au BCT (Bureau Central de Tarification) qui renvoie en direction de l'ensemble du marché les personnes réclamantes. Dans ce cas, les assurances ont obligations de leur délivrer une police d'assurance. En conséquence, une part de ces assurés reviendrait inévitablement en portefeuille malgré le refus initial.

L'intérêt de cette règle réside dans le message fort qu'elle envoie aux instances publiques. Prendre une telle mesure revient à se positionner clairement pour une libéralisation du système CatNat. Dans cette optique, les risques sont divers :

- Le risque d'image : aucune autre société à ce jour ne se positionne sur ce type de problématique en édictant de telles règles de souscription,
- Le risque porté par le réseau d'agent : certains agents pourraient voir leur zone de chalandise fortement pénalisée limitant de facto leur potentiel de réalisation d'affaires nouvelles (voir chapitre 3),
- Enfin, le manque d'homogénéité de l'information sur le zonage des inondations tel qu'il est proposé par le MEDDM, pourrait entraîner des refus de manière trop large et permettre la souscription dans des zones inondables non encore cartographiées.

Le pilotage du portefeuille à mettre en place doit concerner, a minima, le niveau local de l'aléa, le type d'habitation, le profil du client (avec une attention particulière aux multi-détenteurs de contrats d'assurance), l'ancienneté de l'habitation ainsi que la présence de dépendances.

Eu égard à la dureté d'un tel positionnement, la probabilité d'utilisation de manière opérationnelle d'une telle règle de souscription est quasi nulle et ne relèverait que d'un positionnement stratégique principalement à destination des pouvoirs public.

#### *6.1.4.2. L'acceptation conditionnelle*

L'acceptation conditionnelle se rapproche des critères évoqués pour le refus de garantie. Elle permet de souscrire un risque lorsque certaines dispositions ont été prises. Il s'agit, succinctement, d'imposer pour l'intégration du risque en portefeuille des mesures préventives pouvant être de nature structurelle (exemple : batardeaux, clapets anti-retour...). Juridiquement, les modalités de réalisations reviennent à l'insertion de clauses au contrat.

L'intérêt sur le long terme est identique au refus de souscription : la non souscription en portefeuille de contrats jugés trop exposés, c'est-à-dire représentant un risque financier non équilibré.

Outre les limites inhérentes à la qualité des données, s'ajoute l'impossibilité de réaliser des visites de risque en MRH, trop onéreuses au regard des primes moyennes, ainsi que des connaissances encore balbutiantes sur le domaine par les professionnels de l'assurance.

Nonobstant ces remarques, l'intérêt à court terme de ce type de mesures concerne principalement une appréhension plus fine de la problématique et une montée en compétence sur des sujets de plus en plus d'actualité comme la prévention.

Les risques inhérents à cette approche proviennent de la complexité du processus à déployer au regard du volume d'affaires que cela représente. Enfin, le sujet peut être mal reçu tant par le client que par l'agent. Le fait d'imposer des conditions à la souscription, pouvant engendrer des frais pour le client, ne peut se faire que dans un marché ayant assimilé et compris la portée de telles préconisations. En conséquence, la probabilité d'utilisation de ce type de règles à court terme s'avère faible.

#### *6.1.4.3. L'encadrement des garanties*

La mise en place d'un cadre forcément plus réduit des garanties offertes aux assurés a pour objectif premier de limiter la charge moyenne de la sinistralité lors de la réalisation du risque. Les dangers de ce type d'approche concernent essentiellement le pan médiatique pouvant créer une pression autour de ce type de procédé. Ensuite, la difficulté réside essentiellement en l'identification des leviers les plus adaptés, alliant efficacité et n'occultant pas l'essentiel du bien assuré. Enfin, le point de vue commercial est bien évidemment à considérer afin de s'assurer de ne pas trop dégrader l'image du produit sur un segment fortement concurrentiel.

D'un point de vue pratique, les modalités de déploiement de telles règles reviennent à l'insertion de clauses aux contrats. A titre purement indicatif, peuvent être citées les limites de garantie contenues pour les caves ou les dépendances.

Cependant, sa relative facilité de mise en œuvre et son résultat quasi certain en cas d'événement générant d'importants volumes de sinistres en font une solution pouvant être perçue comme attrayante. Ceci étant, il faut admettre que ce type de solution ne procure pour les deux parties liées par le contrat aucun gain tant du point de vue métier pour l'assureur (acquérir des connaissances nouvelles en matière de prévention par exemple) ni pour l'assuré qui verra sa protection financière dégradée.

#### 6.1.4.4. La modulation tarifaire

La modulation tarifaire est la solution la plus évoquée et qui ressort immanquablement à chaque nouvelle remise en cause ou simple évocation de la possible évolution du régime CatNat.

L'intérêt consiste à obtenir plus de prime lorsque l'exposition est élevée à l'image des régimes libéraux en place par exemple en Allemagne, aux Etats-Unis ou en Angleterre. L'enjeu réside donc dans la capacité à estimer le niveau probable de l'aléa par rapport à une même référence.

L'intérêt de la mise en place d'une telle politique de souscription est double :

- La première est financière et consiste à prendre immédiatement une valeur financière additive sur des contrats,
- La seconde doit permettre à la société de se doter d'une première expérience en la matière et capitaliser ainsi sur un pan nouveau du métier d'assureur.

D'une manière générale les craintes sont bien sûr à mettre en relation directe avec l'impact de ce positionnement vis-à-vis de la concurrence. A l'échelle locale, les répercussions peuvent être très fortes sur certaines zones géographiques (Sud-Est, par exemple) touchant de manière inégale les agents du réseau.

La portée d'une telle mesure est à mettre en relation directe avec la qualité du ciblage et du zonier à mettre en place avec toujours en ligne de mire les problèmes induits par la géolocalisation des lieux de risque ne traduisant pas dans certains cas la réelle exposition du bien. En outre, le risque est de perdre des parts de marché dans ces zones, si la concurrence n'applique pas une politique similaire.

Les modalités d'applications nécessitent de créer une nouvelle variable tarifaire selon la typologie de l'assuré et son exposition. Une autre possibilité, à moindre impact, consiste en l'interdiction ou la modulation, de l'octroi de rabais commerciaux pratiqués par les agents lors de la souscription.

Dans un contexte de changement de paradigme du régime CatNat, la modulation tarifaire même faible se montre la plus opportune. Elle se justifie pleinement et apparaît plus équitable que les exclusions de garanties ou les acceptations conditionnelles.

#### 6.1.5. Synthèse

Au regard des enjeux sous-jacents à toute création ou simple modification de la politique de souscription, allant du choix de la solution technique à l'édiction de règles souscription en passant par la refonte du processus de souscription, la portée d'un tel projet est grande et le droit à l'erreur inexistant. Lorsque l'aura de la marque d'assurance est mise en jeu sur des sujets intéressants la sécurité des biens mais également l'intégrité physique des personnes, tout ce qui a trait au sujet sera scruté à la loupe et fera, en conséquence, l'objet de critiques émanant des pouvoirs publics et des médias.

Dans cette optique, toute modification du positionnement actuel et conforme à la législation en vigueur doit se faire de manière éclairée et les tenants et aboutissants inhérents à chaque solution bien anticipés et assumés par les décideurs.

D'une manière synthétique, le bilan suivant peut être réalisé :

Les forces d'une telle approche sont les suivantes :

- Développement rapide des outils d'analyse géomatique,
- Anticipation, proactivité (par rapport à tout changement législatif, de qualité de l'information...),
- Pilotage affiné du portefeuille,
- Acquisition de nouvelles connaissances associées à de nouvelles technologies.

Les opportunités :

- Réforme à venir du régime CatNat :
  - Se différencier sur un marché partiellement libéralisé,
- Adaptation aux données officielles à venir selon la Directive Inondation :
  - Probable accroissement de la qualité de l'information disponible,
- Sensibilisation croissante du public et des assurés,
- Communication :
  - Mise en place d'un ensemble de mesures préventives,
  - Ciblage des clients les plus exposés.

Les faiblesses :

- Dépendance vis-à-vis de l'information disponible (quantité, qualité, homogénéité),
- Information non absolue par rapport à la survenance de sinistres (l'expérience montre que même située en zone inondable et dans le cas d'une inondation, la survenance du sinistre n'est pas systématique),
- Coût informatique et délai pour la mise en place du système.

Les menaces :

- Réseau :
  - Risques non homogènes, déséquilibre certain de l'impact au niveau des portefeuilles d'agent,
- Dilemme concernant l'emploi de données sur les aléas de sources privée et/ou publique :
  - Données publiques : limite la différenciation à terme,
  - Données privées : certitude indispensable de sa qualité supérieure,
- Communication :
  - Aucun assureur ne pratique ce genre de modulation.

Finalement et à partir de ces éléments, la tendance actuelle pousse à formuler une préconisation prudente qui consiste simplement à se préparer face à de possibles changements qu'ils soient d'origines politique ou climatique. Dans cette optique et avant de se lancer plus en avant dans une refonte profonde de la souscription en risque de masse, il apparaît opportun d'essayer de quantifier la pertinence de la démarche sur les comptes de résultats sur le segment impacté.

## **6.2. ANALYSE DE LA SINISTRALITE « INONDATION » OBSERVEE**

Monter en puissance sur un sujet aujourd'hui peu ou prou étudié par les professionnels de l'assurance au regard de sa composante spatiale, nécessite de démontrer les perspectives qu'offre l'acquisition de ces connaissances nouvelles en termes de gestion financière de ces risques. Dans cette optique, une cartographie de la sinistralité inondation observée sur les événements de 2002 et de 2003 est réalisée. Ensuite, une approche de la sinistralité inondation est proposée au moyen d'indicateurs concrets directement mesurables à l'échelle du territoire national.

### **6.2.1. Retour d'expérience des inondations de septembre 2002 dans le Gard**

Le périmètre d'analyse se limite au portefeuille MRH à vison 12 / 2002. L'espace géographique est restreint aux bassins versants inondés lors des crues du Gard suite à l'épisode hydrologique des 8 et 9 septembre 2002.

**Tableau 6-1 : Probabilité d'occurrence des sinistres Hors Zone Inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	2 870	21	2 891	0,7%
M	7 725	219	7 944	2,8%
R	561	4	565	0,7%
Total	11 156	244	11 400	2,1%

**Tableau 6-2 : Probabilité d'occurrence des sinistres pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés En Zone Inondée.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	6 682	73	6 755	1,1%
M	6 284	299	6 583	4,5%
R	1 070	25	1 095	2,3%
Total	14 036	397	14 433	2,8%

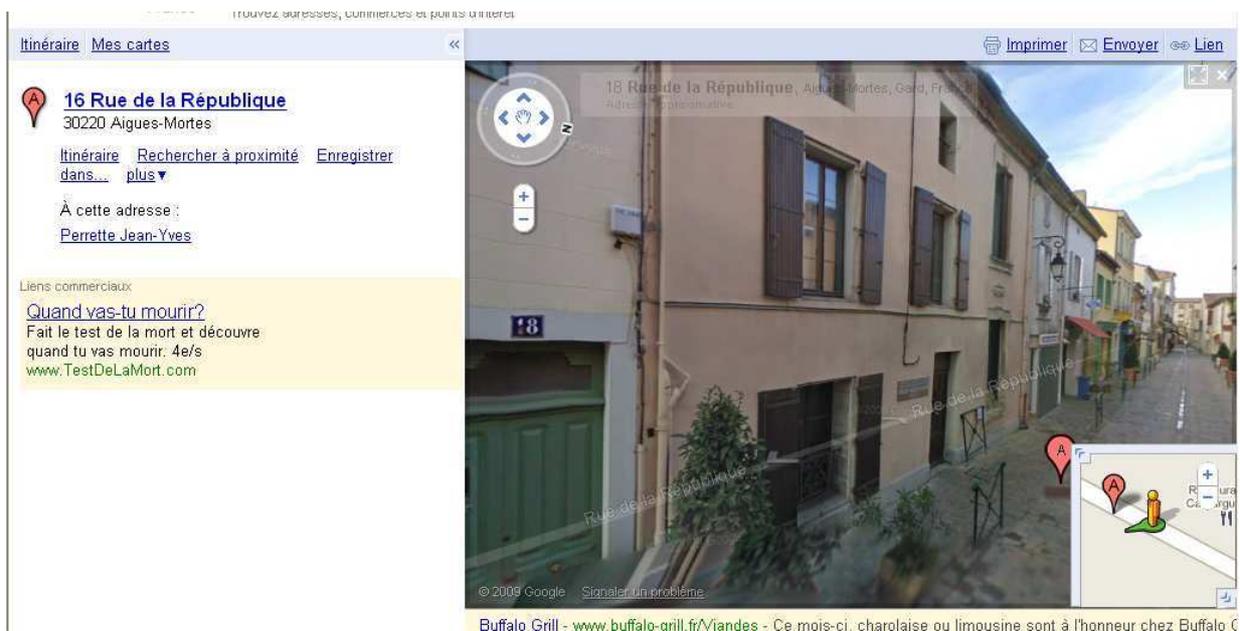
D'un point de vue général, il ressort que près de 62% des sinistres générés par l'épisode hydrologique des 8 et 9 septembre 2002 sont situés en zone inondable.

Ceci s'explique par la nature de l'événement caractérisé par des cumuls pluviométriques localement supérieurs à 600mm/h (générant des infiltrations par le toit, des phénomènes de résurgence par les systèmes d'évacuation des eaux usagées...).

Il apparaît une très faible proportion de sinistres en zone inondée. Le constat le plus éloquent concerne ceux pour les habitations de type maison et appartement en rez-de-chaussée avec respectivement 4.5% et 2.3% de sinistres en zone inondée.

Une explication partielle de ces résultats peut être avancée : la typologie architecturale des maisons peut s'avérer responsable du différentiel de réponse (sinistré ou non) des contrats MRH présents en zone inondable.

Cette hypothèse vient être étayée par la culture du risque très forte ainsi qu'une mémoire du risque tout aussi prégnante, influençant parfois la manière dont les constructions sont réalisées avec la surélévation, la création de vides sanitaires, l'aménagement de fixations pour les batardeaux...



**Figure 6-2 : Illustration d'un contrat MRH (Maisons) non sinistré, situé au cœur d'une zone inondable (avec une hauteur d'eau définie à environ 1M) (image : application Street View de Google Map).**

Malgré ces remarques, la figure présentée ci-dessus illustre bien le décalage existant entre le zonage de l'inondation de 2002 et la fréquence de sinistre observée. Il s'agit ici d'une maison apparemment mitoyenne non sinistrée et située dans la zone inondée avec une hauteur d'eau de 1m.

Afin d'apporter plus de matières à l'analyse, diverses cartographies sont réalisées concernant l'ensemble des contrats MRH bien géocodés de type Maisons.

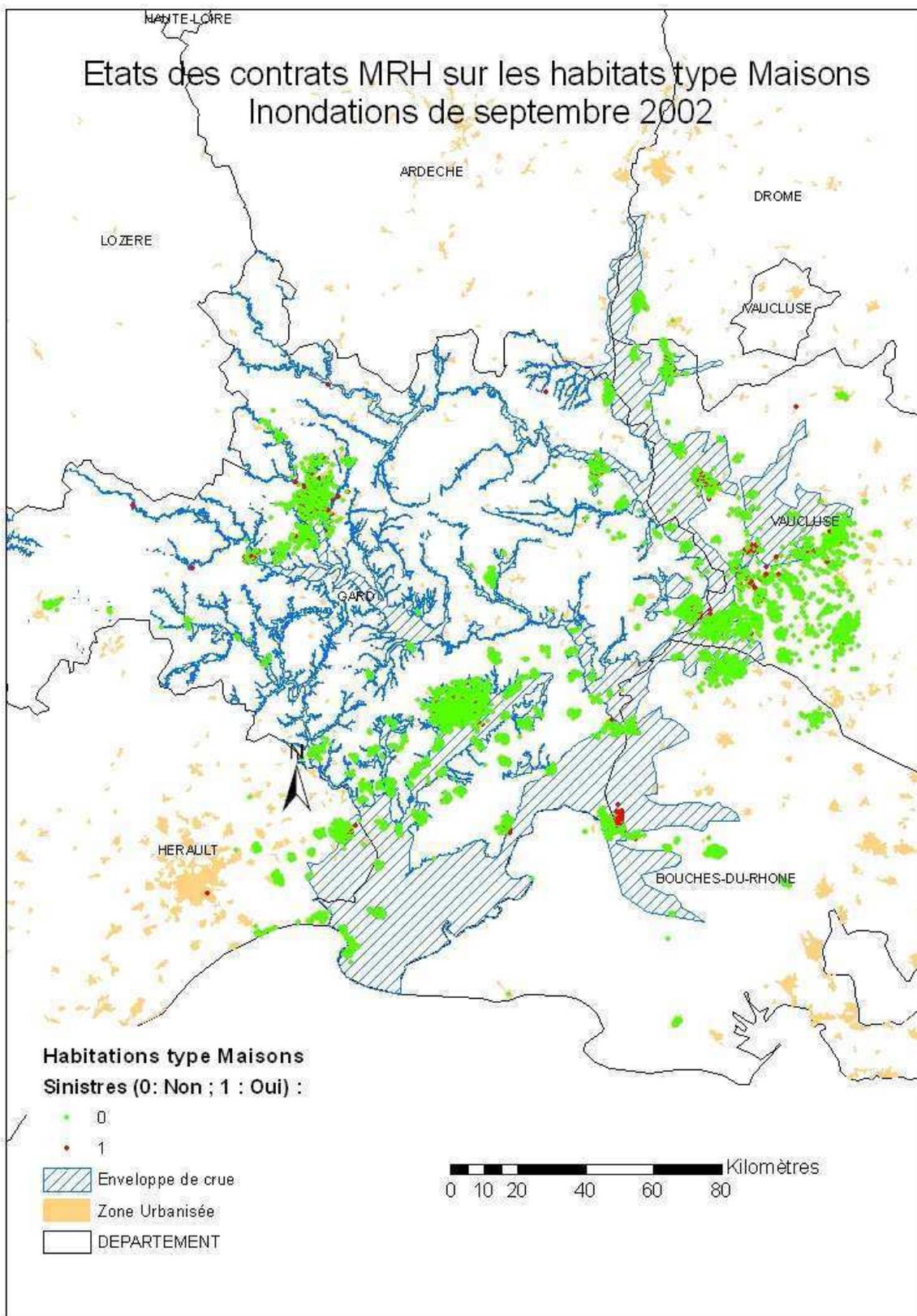
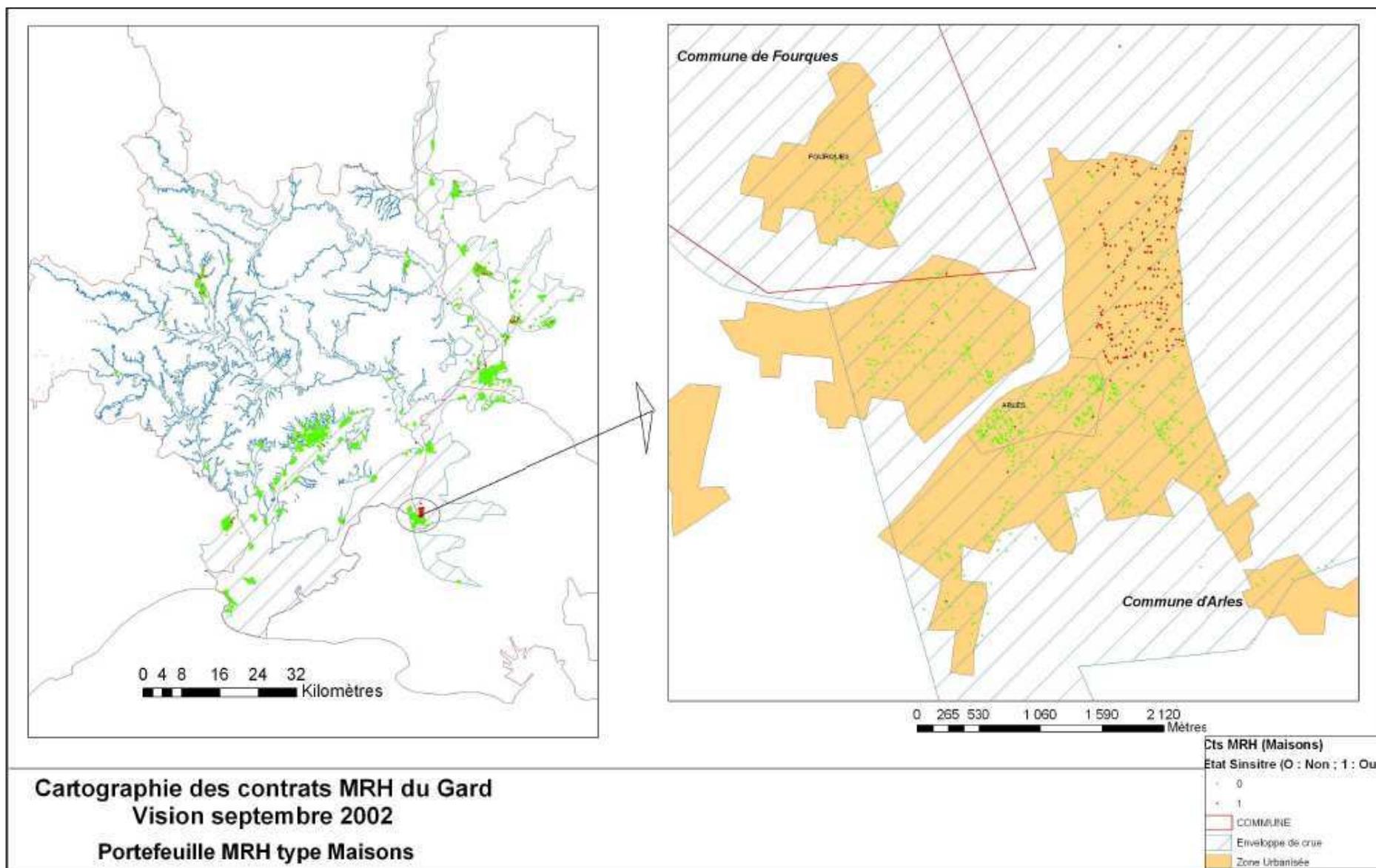
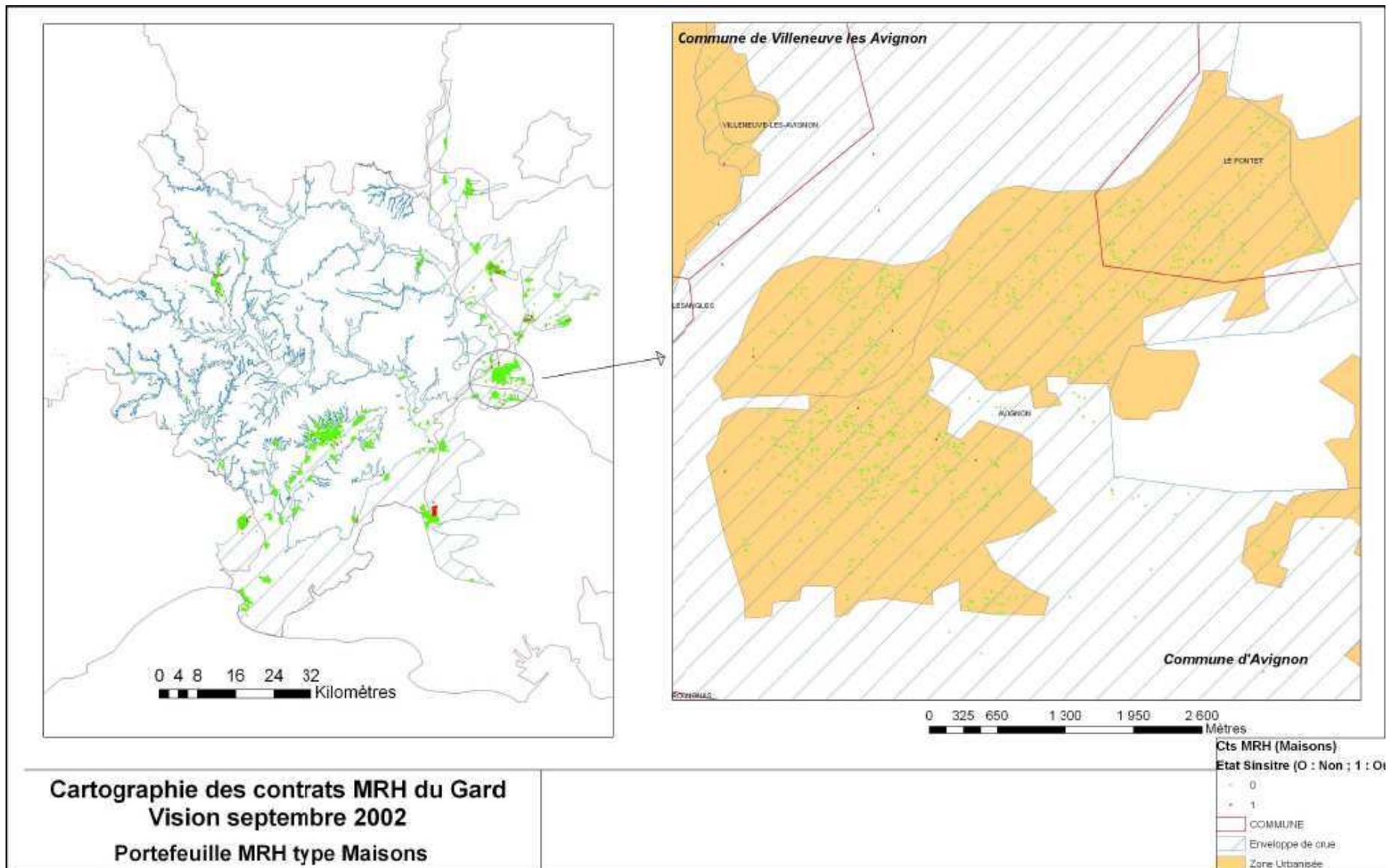
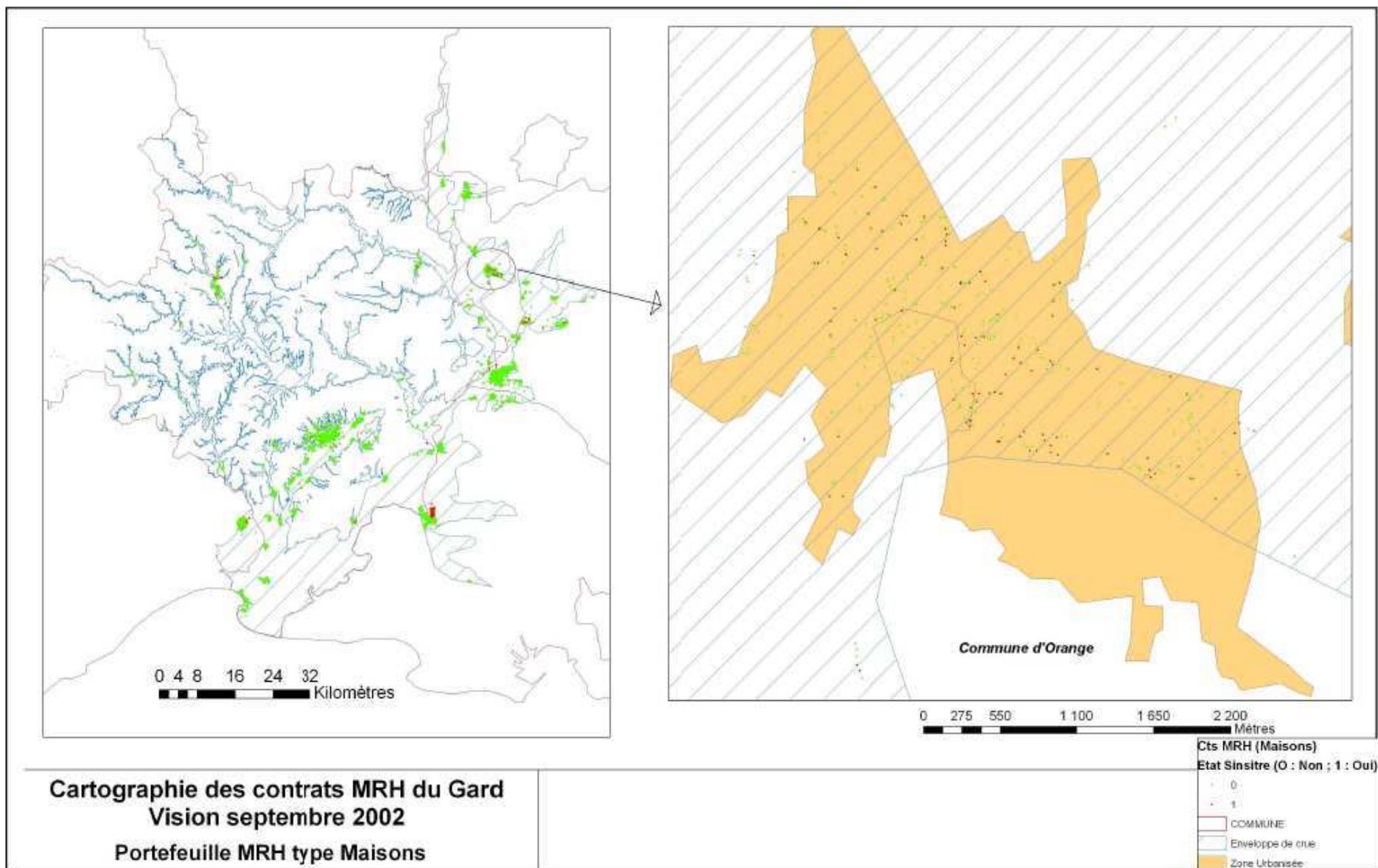
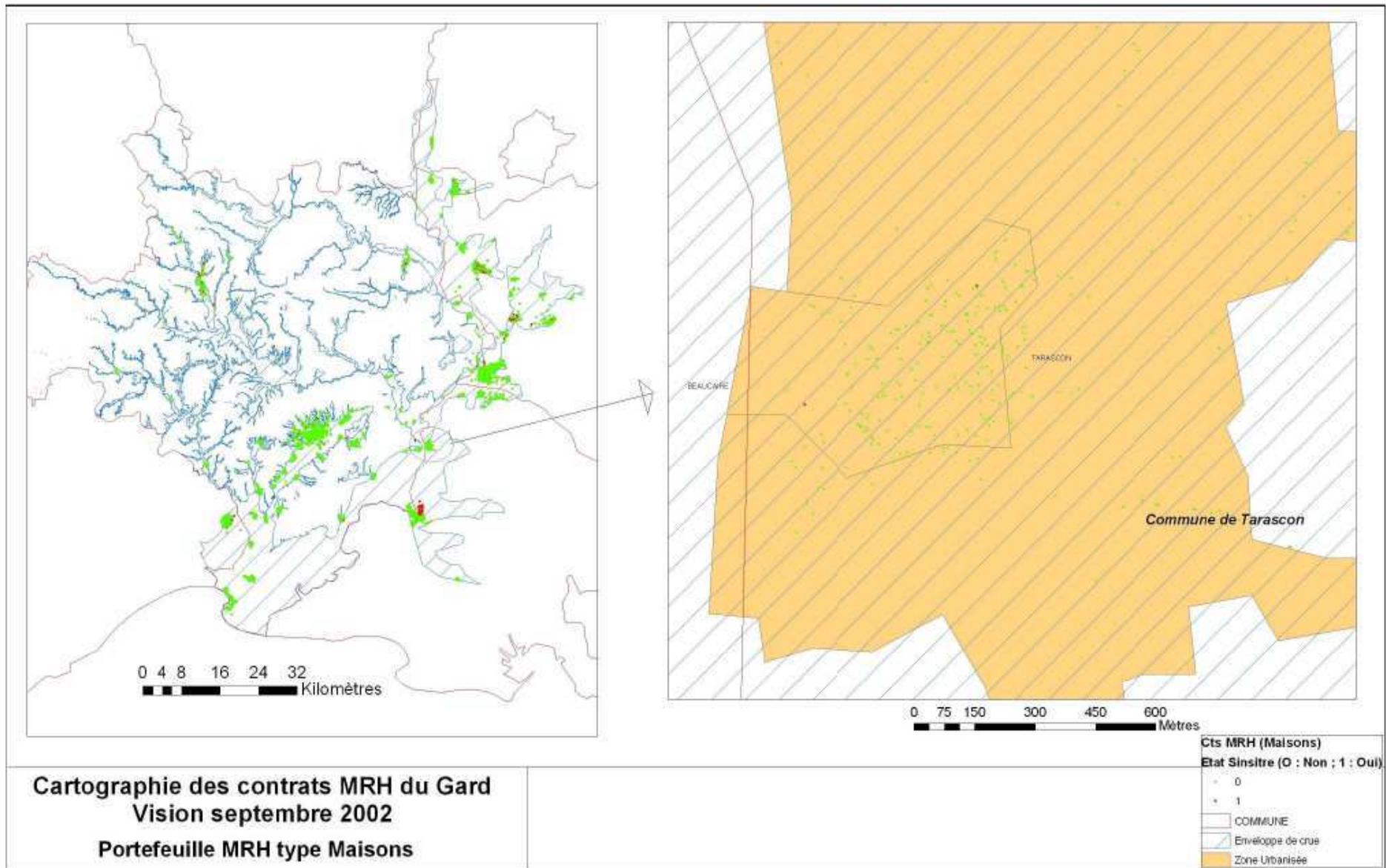


Figure 6-3 : Sinistralité du portefeuille MRH de type "Maison" lors des inondations de 2002 dans le Gard.







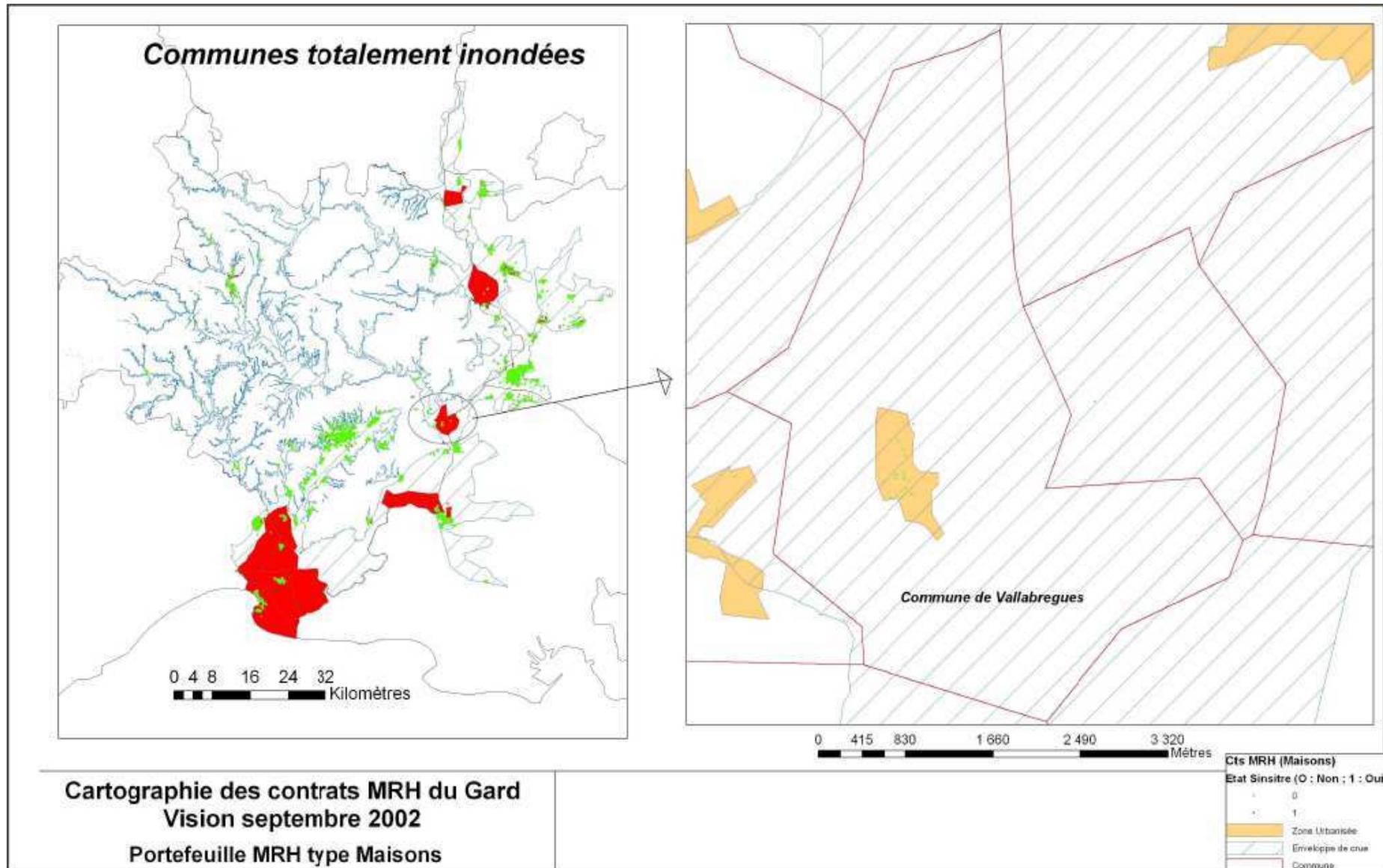


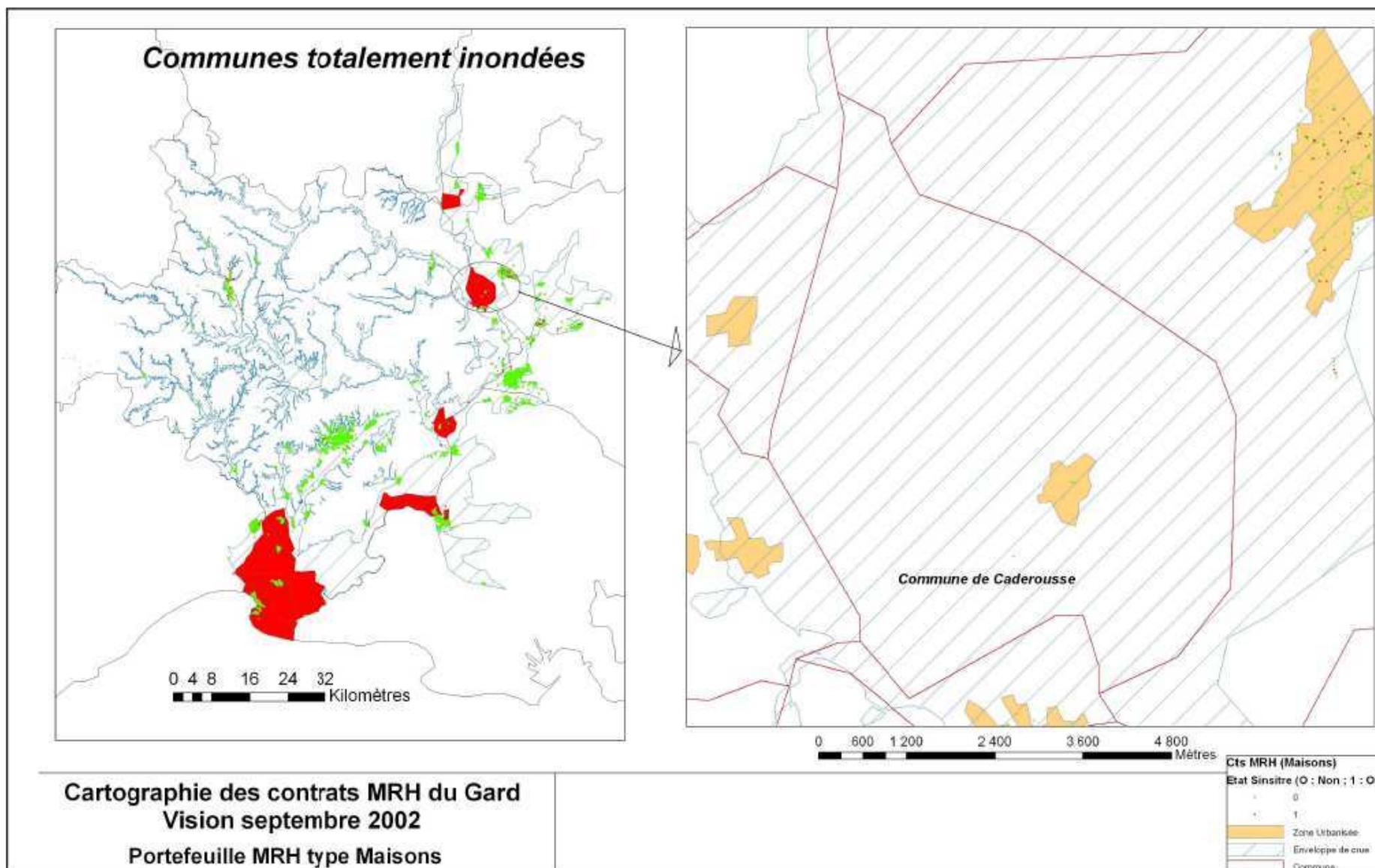
Les cartographies précédentes ont fait apparaître d'une part, la coexistence sur des espaces réduits de maisons sinistrées et non sinistrées et d'autre part, de communes inondées sur la totalité de leur surface.

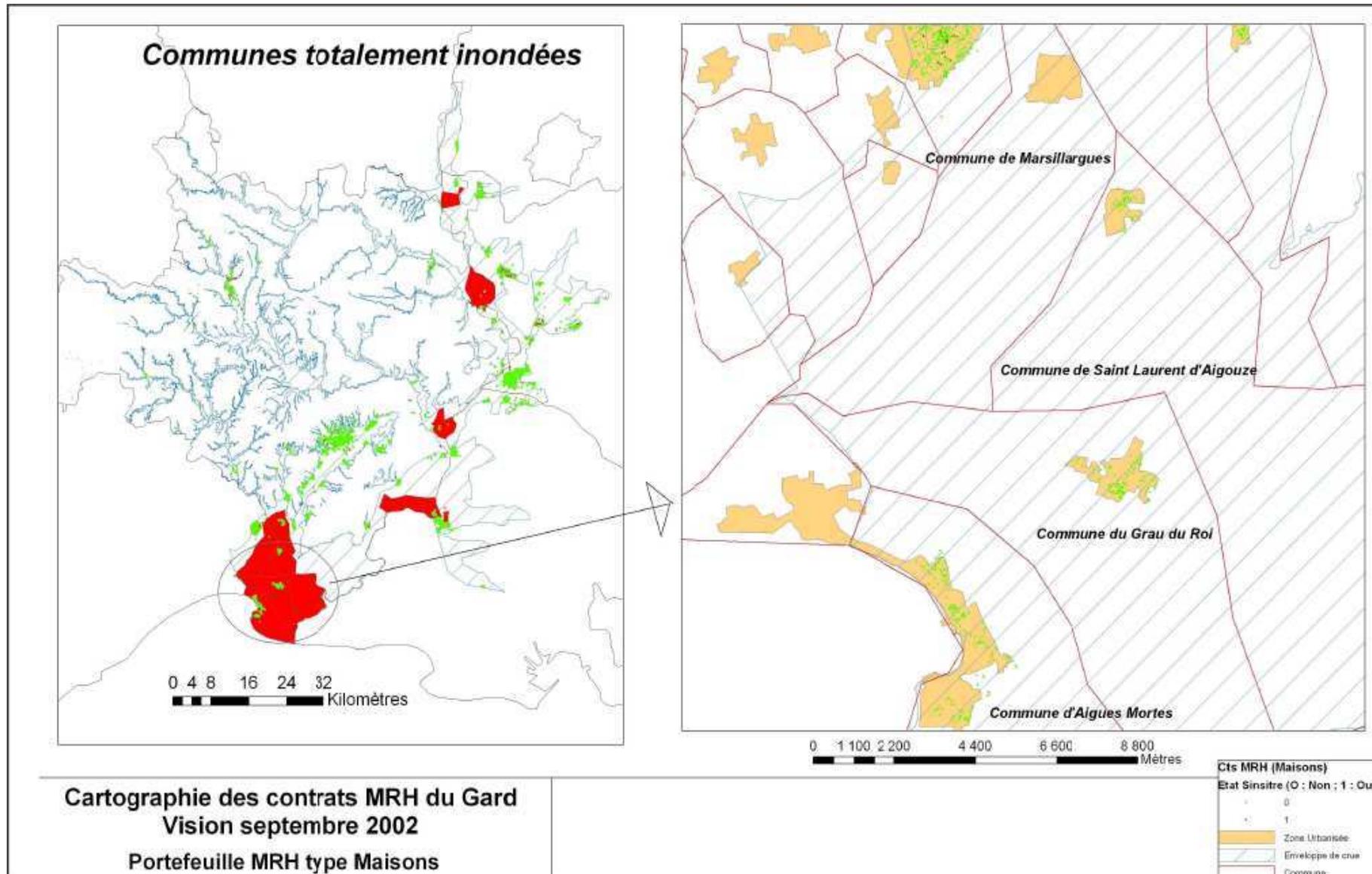
Le tableau ci-dessous montre les pourcentages de sinistres pour les contrats MRH type Maisons sur les communes ayant été totalement inondées lors de l'inondation de 2002.

**Tableau 6-3 : Zoom sur les communes inondées en totalité lors des inondations de septembre 2002.**

Nom Commune	Population (Milliers)	Nb Contrats	Non Sinistrés	Sinistrés	Pourcentage
AIGUESMORTES	6	144	144	0	0,0%
AIMARGUES	3,4	85	85	0	0,0%
CADEROUSSE	2,5	6	6	0	0,0%
FOURQUES	2,5	92	92	0	0,0%
LE GRAU DU ROI	5,9	237	237	0	0,0%
MARSILLARGUES	5,3	1	1	0	0,0%
MONTFAUCON	1,3	18	18	0	0,0%
ST PIERRE DE MEZOARGUES	0,2	10	1	9	90,0%
ST LAURENT DAIGOUZE	2,7	55	55	0	0,0%
VALLABREGUES	1,2	23	23	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>671</b>	<b>662</b>	<b>9</b>	<b>1,3%</b>







Afin d'apporter un éclairage sur cette coexistence de maisons sinistrées et non sinistrées sur des distances réduites, une recherche a été réalisée, sur des couples de contrats présentant ces caractéristiques, via l'application Street View de Google Map.



**Figure 6-4 : Exemple de deux contrats en portefeuille de part et d'autre d'une rue dont l'un est sinistré et l'autre non (Commune de Bedarrides).**

Cette photographie montre que, malgré la proximité de ces deux contrats (MRH type maisons) en portefeuille, l'un se trouve être sinistré et l'autre non.

Il reste cependant possible d'avancer que la rue a joué un rôle de digue permettant de mettre hors d'eau la parcelle sur laquelle se trouve localisée la seconde maison.



**Figure 6-5 : Exemple de deux contrats distincts de 85 m ; l'un non sinistré (1er) et l'autre sinistré (2nd) (Commune de Nîmes).**

Cette photographie montre deux habitations de type maison en portefeuille. Il apparaît que ce sont deux maisons de centre ville, chacune de plain-pied et situées à moins d'une centaine de mètres l'une de l'autre.

Les inondations en centre ville revêtent un aspect particulier. Les écoulements sont directement influencés par les lignes de pente, par l'enchevêtrement des rues ainsi que par la nature des angles aux intersections. Il n'est pas rare d'observer en ces endroits (et de surcroît lors de crues éclair) des zones épargnées par le passage de l'eau du simple fait de la dynamique des écoulements.

Il est bien évident que le phénomène d'inondation a de multiples visages. L'analyse précise des causes de la sinistralité ne se réduit pas dans le cas des crues éclair au simple zonage des territoires inondés. Que ce soit la complexité des écoulements en milieu urbain ou la présence d'obstacles naturels ou artificiels, chacune de ces dimensions conditionne, de facto, le fait d'être sinistré ou non ainsi que l'importance de la lame d'eau sur chaque parcelle.

## 6.2.2. Comparaison avec la fréquence de sinistres observée lors des inondations de décembre 2003 sur le Rhône.

Le périmètre d'analyse se limite au portefeuille MRH à vison 12/2003. L'espace géographique est restreint aux bassins versants inondés sur l'extrémité aval de la crue du Rhône en 2003.

La crue du Rhône et de ses affluents s'oppose à celles de 2002 par sa dynamique fluviale caractérisée par un lente montée des eaux et une stagnation des eaux de crues s'étalant sur des jours voire des semaines entières.

**Tableau 6-4 : Probabilité d'occurrence des sinistres localisés hors de la zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	8 115	15	8 130	0,2%
M	12 898	136	13 034	1,0%
R	1 534	8	1 542	0,5%
Total	22 547	159	22 706	0,7%

**Tableau 6-5 : Probabilité d'occurrence des sinistres localisés dans la zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.**

CDHABIT	Nombre Contrats Non sinistrés	Nombre Contrats Sinistrés	Total	Probabilité d'occurrence sinistre
A	294	78	372	21,0%
M	481	255	736	34,6%
R	46	27	73	37,0%
Total	821	360	1 181	30,5%

Les tableaux ci-dessus sont réalisés sur les bassins versants des territoires du Rhône aval inondés lors de la crue de décembre 2003. Il ressort que seul le rapport entre le nombre de sinistres en zone inondée et ceux en zone non inondée reste comparable puisqu'il s'élève ici à 69%.

Les tableaux ci-dessus montrent clairement des chiffres en rupture avec ceux obtenus pour les inondations par crue éclair avec des fréquences de sinistre supérieures à 30 % en zone inondée. L'information AZI prend ici un sens accru en permettant de déterminer des territoires où la fréquence de sinistre est élevée.

Plusieurs explications à ces observations :

- Le relevé de la laisse de crue s'avère être plus aisé lors d'une inondation de type fluviale que lors d'une crue éclair. Pour cette dernière, le tracé doit bien souvent être complété en faisant appel aux témoignages des riverains,

- Une simple comparaison visuelle des enveloppes de crue des événements de 2002 et de 2003 permet sans équivoque de juger d'une précision accrue des contours cartographiques proposés par les DIREN,
- La dynamique des écoulements se caractérise par des vitesses d'écoulement faibles et donc par la présence et parfois la stagnation des eaux sur l'ensemble de la zone inondée.

Outre ces premières remarques, certaines observations faites en 2002 se retrouvent lors des inondations de 2003. Par analogie aux événements de 2002, la commune de Vallabregues compte vingt contrats MRH type maisons en zone inondée dont 100% de non sinistrés.

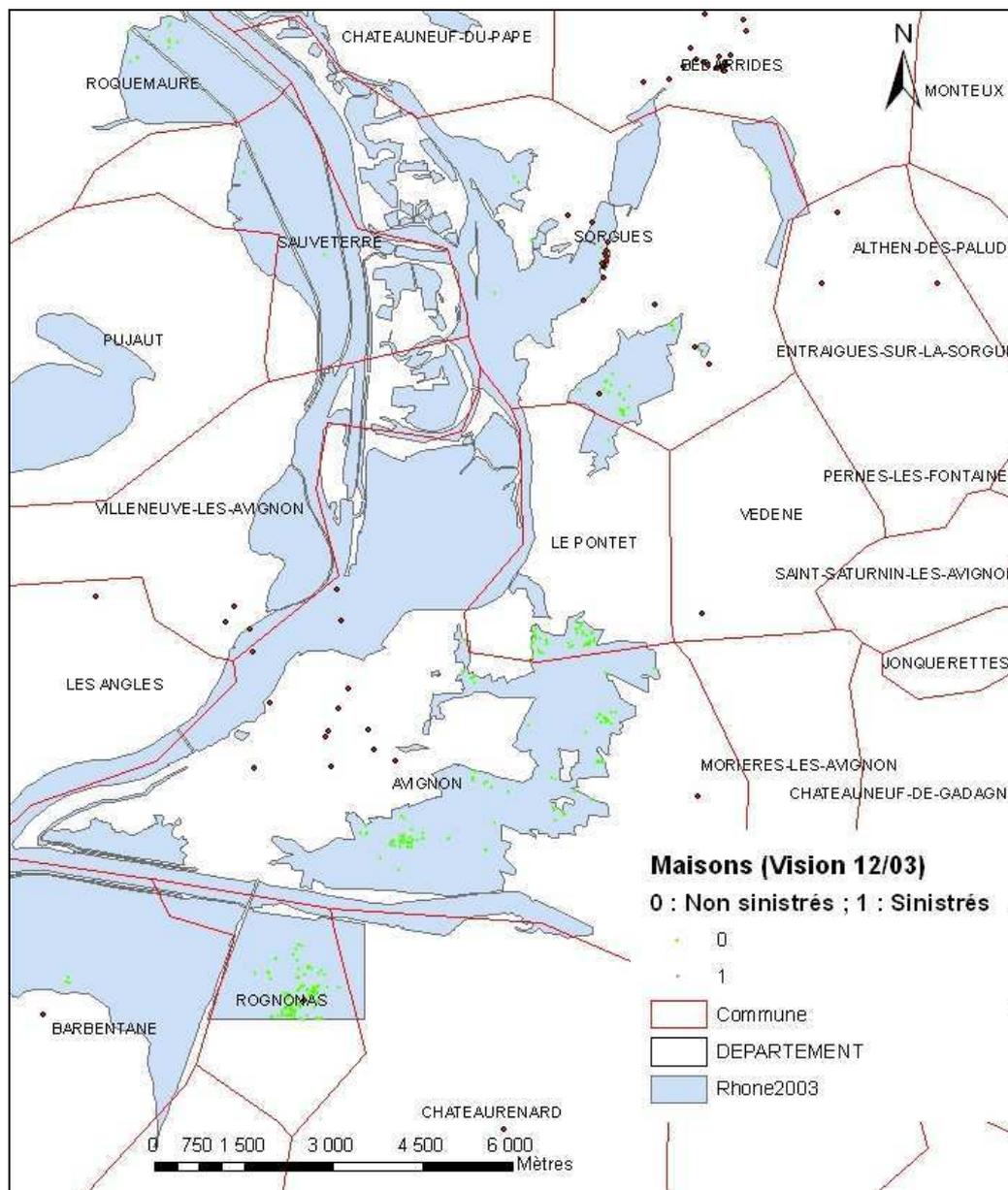


Figure 6-6 : Cartographie des contrats MRH type maisons (vision 31/12/2003) lors de la crue du Rhône en 2003 (représentée en bleu, les points représentent les contrats non sinistrés).

La cartographie ci-dessus montre les contrats (MRH type maisons) en zone inondée pour les communes d'Avignon (59 contrats) et de Rognonas (120 contrats). La totalité de ces contrats pour la commune de Rognonas et la quasi-totalité pour celle d'Avignon (56 sur 59 contrats) s'avèrent être non sinistrés alors qu'ils sont tous situés en zone inondée.

A contrario, pour la commune d'Avignon, il apparaît un nombre supérieur de contrats en zone non inondée. On rejoint ici la même problématique que pour l'événement de 2002.

### 6.2.3. Présentation de la répartition de la charge sinistre observée lors des inondations de septembre 2002 dans le Gard et de décembre 2003 sur la partie aval du Rhône

Outre l'aspect purement fréquentiel de la sinistralité générée par une inondation qu'elle soit à cinétique lente (2002) ou rapide (2003), il apparaît opportun d'analyser la répartition de la charge sinistre entre les territoires inondés et ceux situés hors de la zone inondée.

**Tableau 6-6 : Répartition de la charge sinistre pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés hors zone inondée lors de la crue éclair 2002.**

CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	71 569	1,7%
M	1 103 203	26,2%
R	3 605	0,1%
Total	1 178 377	<b>28,0%</b>

**Tableau 6-7: Répartition de la charge sinistre pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés en zone inondée lors de la crue éclair 2002.**

CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	267 626	6,4%
M	2 680 443	63,7%
R	81 016	1,9%
Total	3 029 085	<b>72,0%</b>
Total ZI et Hors ZI	4 207 462	100%

Il ressort de ces tableaux une concentration de la charge sinistre en zone inondée de 72%. A titre de comparaison, la concentration du nombre de contrats en zone inondée est de 62%.

**Tableau 6-8 : Répartition de la charge sinistres hors zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse lors de la crue de 2003.**

CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	56 074	0,6%
M	1 098 551	11,7%
R	18 909	0,2%
Total	1 173 534	<b>12,5%</b>

**Tableau 6-9 : Répartition de la charge sinistres en zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse lors de la crue de 2003.**

CDHABIT	Total Charge	Répartition Charge
A	289 096	3,1%
M	7 684 365	81,5%
R	278 597	3,0%
Total	8 252 058	<b>87,5%</b>
Total ZI et Hors ZI	9 425 592	100%

Il ressort de ces tableaux une concentration de la charge sinistre en zone inondée de 87.5% alors que, pour le nombre de sinistres, la concentration en zone inondée est de 69%.

D'une manière générale, il apparaît que les sinistres situés hors de la zone inondée sont caractérisés par des charges moins élevées que les sinistres en zone inondée, contribuant ainsi à la concentration de la charge sur les territoires délimités par les AZI.

#### **6.2.4. Des enseignements pragmatiques de l'assurance du risque inondation**

Les phénomènes d'inondation relèvent d'une complexité proportionnelle à l'échelle de leur analyse. L'analyse ex-post des contrats MRH type maison selon l'exposition à l'aléa (que ce soit celui de 2002 ou de 2003) montre une des multiples facettes de la difficulté inhérente à ces approches, résultant d'un compromis entre la connaissance exacte du lieu de risque, de ses caractéristiques, de son environnement direct et de l'emprise exacte des eaux de crue.

##### **➤ Concernant la pertinence des AZI**

Les éléments présentés tendent à démontrer l'intérêt de l'emploi des AZI pour l'analyse du risque inondation généré par des crues de type éclair et fluvial.

Outre l'intérêt de s'adosser à des données officielles produites, validées et diffusées soit par le MEDTL soit par des organismes directement sous sa tutelle, leurs emplois procurent un

avantage indéniable d'objectivité face au risque inondation les rendant plus aisément opposable à des tiers et facilitant donc la justification de mesures éventuelles.

D'une manière générale, il ressort différentes informations :

- Pour les crues de 2002 type crue éclair, l'illustration est faite que le zonage AZI n'est pas suffisant pour définir les contrats réellement exposés,
- Quant aux événements de 2003 type crue fluviale, ceux-ci montrent, que d'une manière globale, la localisation des sinistres en zone inondée s'avère être un critère plus discriminant de la sinistralité.

Cependant, il a été montré que la thématique des crues fluviales n'est pas exempte des problèmes rencontrés pour la crue éclair du Gard, avec l'identification de diverses communes dont la quasi-totalité des maisons en zone inondée ne sont pas sinistrées.

Malgré les différentiels observés entre les phénomènes de crues éclair et fluviale au niveau de la fréquence de la sinistralité en zone inondée, le tableau ci-dessous montre la concentration des sinistres dans ces zones tant en volume qu'en charge.

**Tableau 6-10: Récapitulatif des principaux enseignements obtenus par les retours d'expérience.**

Evènement	Concentration du nombre de sinistre en ZI	Concentration de la charge sinistre en ZI
Crue Eclair 2002	62%	72%
Crue Fluviale 2003	69%	87,5%

Bien que la fréquence de sinistres entre les deux événements soit fortement distincte, il apparaît ici une information plus homogène avec notamment une forte concentration de la charge sinistre dans les zones inondées.

L'information AZI prend ici une autre dimension même lorsqu'il s'agit d'une inondation par crue de type éclair, puisque le zonage inondation permet de définir les territoires où près de 75 % de la charge sinistre est concentrée.

Bien qu'il apparaisse clairement que les AZI ne permettent pas de délimiter de manière fiable les contrats sinistrés en cas d'occurrence d'une inondation, il n'en demeure pas moins que ces zonages se révèlent être discriminants puisqu'ils permettent de définir les territoires sur lesquels une large partie de la charge sinistre est concentrée.

#### ➤ **Concernant la souscription en zone inondable**

Les éléments présentés montrent que la connaissance de la localisation ou non en zone inondée ne suffit pas à elle-seule pour fonder une politique de souscription sur ces territoires. Si l'on étend le champ de réflexion aux zones définies comme potentiellement inondables, le bilan ne semble pas être favorable.

Eu égard aux enseignements des présents travaux, la non-souscription en zone inondable générerait une exclusion trop importante face à la réalité du risque telle qu'elle est décrite par les retours d'expérience de ces deux événements.

Etre localisé en zone inondable ne signifie pas obligatoirement la réalisation d'un sinistre. Rappelons que les AZI correspondent à l'expansion maximale des eaux de crues pour un aléa d'une période de retour, a minima, de cent ans.

En considérant à titre d'exemple une période de retour centennale, la fréquence théorique d'inondation pour l'ensemble de la zone inondée est donc de 1% annuelle combinée au 35% d'occurrence de sinistre. Il ressort une fréquence annuelle de sinistre estimée à 0,35%... rapportée à un capital inondation moyen pour une maison de 100 K€, cela représente un coût annuel de 350 €.

Si l'on considère un coût moyen de sinistres de 20 K€, la prime annuelle est ramenée à 70 €. On voit ici la place centrale de la notion de vulnérabilité pour la tarification. En revanche, au sein de ces zones, certains territoires sont exposés à des inondations plus fréquentes (10, 20, 50...), faisant tendre le niveau de la prime vers des montants prohibitifs.

Ces chiffres montrent que, sans la mise en place de mesures préventives efficaces et / ou d'encadrement de garantie, la tarification selon l'exposition tendra, comme dans les autres pays appliquant une tarification libre de la garantie inondation, vers des taux de primes inabornables pour une large majorité d'assurés.

### **6.2.5. Eléments pour l'organisation de l'offre d'assurance inondation à destination de la branche MRH.**

Eu égard au contexte des récents événements climatiques, aux déclarations faites par les autorités publiques remettant en cause la pérennité dans son état actuel du régime CatNat ainsi qu'au poids des événements climatiques sur les résultats techniques des compagnies d'assurance, il a été choisi de s'interroger sur la faisabilité technique d'une prime CatNat « inondation » modulable selon l'exposition de chaque lieu de risque. Ces travaux menés sont prospectifs et se veulent par anticipation. Le but visé étant d'acquérir une expérience, aussi modeste soit-elle, afin d'éviter de se trouver devant une situation nouvelle sans éléments objectifs sur lesquels s'appuyer.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous montre la sinistralité, en nombre et en charge, enregistrée sur le portefeuille MRH de 2003 à 2009. En moyenne, il survient annuellement plus de 2 000 sinistres dont le coût moyen s'élève à environ 6 000 €.

**Tableau 6-11 : Sinistralité inondation du portefeuille MRH pour la fenêtre 2003-2009.**

Données		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
MRH hors Propriétaire Maison	Charge (M€)	9,9	0,7	2,1	1,8	7,1	3,5	2,6	27,6
	Nb Sinistres	1 975	275	627	315	1 584	806	508	6 090
MRH Propriétaire Maison	Charge (M€)	40,2	2,0	7,8	6,1	7,9	19,6	6,3	89,9
	Nb Sinistres	5 115	459	1 754	1 060	1 092	2 848	1 072	13 400
Total Charge (M€)		50,1	2,6	9,9	7,8	15,0	23,1	8,9	117,5
Nb de sinistres total		7 090	734	2 381	1 375	2 676	3 654	1 580	19 490

### 6.2.6. Des enseignements théoriques de l'assurance du risque inondation

La notion d'asymétrie d'information fait référence aux cas où les parties prenantes du contrat d'assurance ne disposent pas de la même information sur les probabilités de réalisation d'un sinistre. Il y a alors un certain déséquilibre.

L'antisélection est plutôt défavorable à l'assureur : un assuré choisit de s'assurer quand la prime est plus faible que celle qui correspond réellement à son risque, ou inversement de ne pas s'assurer quand la prime est plus élevée que la prime actuarielle. Il est bien souvent admis que l'assuré connaît souvent mieux son propre risque que l'assureur qui n'en a qu'une connaissance statistique.

L'antisélection peut conduire l'assureur à assurer les risques plus élevés que la moyenne et ne pas pouvoir les compenser par les risques moins élevés. Ce déséquilibre peut être une menace pour l'assureur. S'il compense cette antisélection par une augmentation des primes, il limite encore plus le nombre d'assurés puisque, plus la prime demandée est importante, moins les personnes ou entreprises dont le risque est inférieur à celui correspondant à la prime s'assurent, etc.

L'aléa moral intervient après la signature du contrat. Il peut être :

- Ex ante et correspondre à une modification, défavorable à l'assureur, du comportement de l'assuré. Il peut s'agir d'une attitude moins vigilante ou d'un certain laxisme dans la mise en œuvre des mesures de prévention ou de protection sous prétexte que l'assureur paiera,
- Ex post et correspondre à une déclaration, par l'assuré, d'une valeur endommagée supérieure à sa valeur réelle.

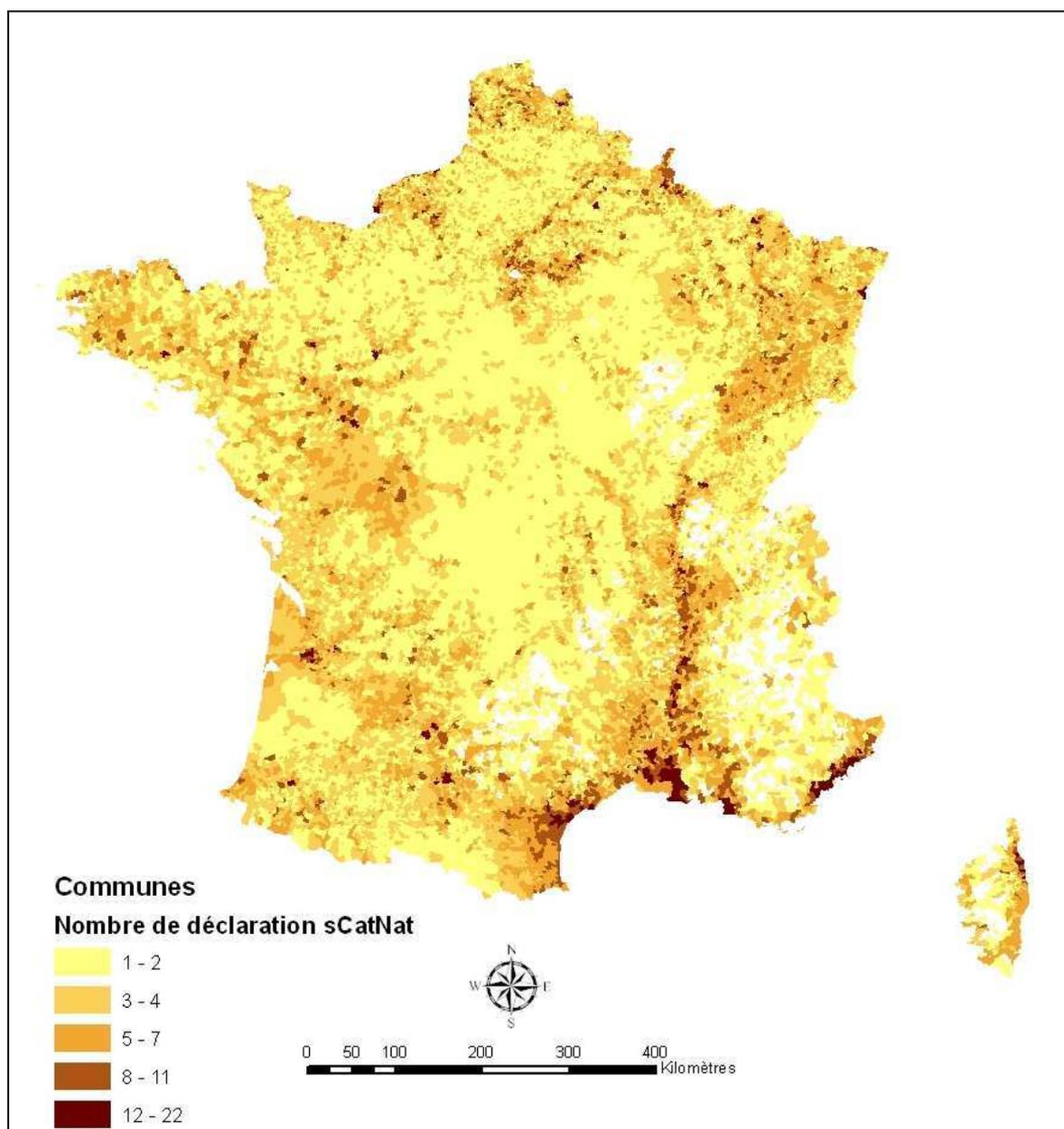
Afin de limiter les conséquences défavorables de l'asymétrie d'information et de l'aléa moral, plusieurs mesures sont envisageables :

- Augmenter de manière globale les primes pour les compenser. Toutefois, ce ne semble pas être la meilleure des méthodes tant du point de vue de la stabilité du portefeuille que pour la problématique d'asymétrie de l'information,
- Refuser d'assurer en zone à risque (actuellement plus de 200 000 contrats MRH sont situés en zone inondable),
- Majorer les franchises pour inciter les assurés à réduire leur risque,
- Instaurer des franchises à plusieurs niveaux pour inciter les assurés à révéler leur propre risque. Il est légitime de penser que l'assuré au comportement risqué a tendance à choisir les contrats sans franchise, plus chers, mais qui lui permettent d'être indemnisé sans coût. En revanche, l'assuré prudent choisi plutôt une franchise relativement élevée, moins chère, mais qui lui suffit pour indemniser les rares accidents qu'il pourrait avoir,
- Pratiquer des discriminations tarifaires sur la base de paramètres objectifs comme l'exposition.

Puisque l'objet ici est de caractériser les différentiels d'exposition à des fins de modulation de la prime, il semble opportun de s'adosser à des informations complémentaires aux AZI afin d'identifier au mieux les zones inondées de manière récurrente. En effet, l'AZI ne donne que très peu d'informations sur la période de retour de l'aléa (inondation au minimum centennale).

La base de données GASPAR (Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques naturels et technologiques) de la direction de la prévention des pollutions et des risques constitue l'épine dorsale de son système d'information sur les risques naturels. La base Gaspar, est mise à jour directement par les services instructeurs départementaux et réunit un ensemble d'informations dont l'historique des procédures de type « reconnaissance de l'état de catastrophes naturelles » à l'échelle communale depuis l'instauration du système en 1982.

L'idée ici consiste à définir l'ensemble des communes les plus touchées par les événements inondation avant de croiser ces périmètres avec les zones définies comme inondable via les AZI.



**Figure 6-7 : Représentation du nombre de déclarations en état de Catastrophe Naturelle par commune (Inondation, Ruissellement et Coulée de boues) (source : GASPAR).**

Cette figure montre le nombre de fois qu'une commune a été déclarée en état de Catastrophe Naturelle (inondation, ruissellement et coulée de boue) au 1<sup>er</sup> janvier 2010 et ce depuis l'instauration du régime. Ces données ont l'avantage d'être exhaustives sur le territoire national et indépendantes du zonage AZI. Cela apporte une information non pas sur la gravité en elle-même de l'événement mais sur la récurrence de ces événements sur les territoires.

Dans cette optique, le croisement AZI et nombre de déclarations CatNat par commune semble pertinent afin de délimiter des zones à surveiller en souscription. Il convient alors de fixer un seuil d'acceptabilité en termes de nombre d'arrêtés CatNat déclarés depuis 1982 et d'y associer des règles d'actions comme l'interdiction de toute souscription hors appartement, de

limiter la souscription à un certain montant de capitaux assurés ou au contraire la définition de zones cibles où la souscription peut-être encouragée via l'accord de rabais commerciaux.

#### 6.2.6.1. *Méthodologie*

Afin de juger de la pertinence d'une telle approche, l'ensemble de la sinistralité inondation sur le segment « Maison » du portefeuille MRH survenue sur la période 2000 à 2010, est utilisé. Ce choix s'explique par les constats opérés lors de l'analyse de la sinistralité observée durant les inondations de 2002 et de 2003 et présentés ci-avant.

Ensuite, cette sinistralité est mise en parallèle avec le nombre d'arrêtés Catastrophe Naturelle (inondation, ruissellement et coulée de boue) pris au niveau de chaque commune depuis l'instauration dudit régime. L'objectif consiste à s'assurer que le nombre d'arrêtés CatNat et la sinistralité évoluent dans le sens pressenti, à savoir une concentration relative de la charge et du nombre de sinistres sur les communes présentant un nombre d'arrêtés CatNat élevé. Ajouté à cela, l'existence ou non d'un zonage AZI doit permettre (du moins en théorie) de réduire encore les territoires concernés par l'inondation en se détachant des contours administratifs et tendre vers des zonages ayant un sens accru du point de vue de l'aléa étudié.

Dans un second temps, l'efficacité d'une telle approche, dans une perspective prédictive, est testée. Pour cela, des éléments statistiques sont établis selon une fenêtre temporelle fixée sur la période 2000-2004 (contraint par la disponibilité des données). Ces éléments, une fois déterminés, sont déployés sur la sinistralité observée entre 2005 et 2009.

A ce stade, il faut insister dès maintenant sur le fait que les chiffres obtenus sur une période d'observations aussi réduite pour l'analyse d'un phénomène comme l'inondation, seront très fortement dépendants des deux événements majeurs survenus en 2002 et 2003.

Une première analyse de la répartition de la sinistralité inondation d'AXA France observée sur le portefeuille MRH « Maison » est réalisée selon la présence d'un zonage AZI et le nombre d'arrêtés CatNat pris sur la commune. Il apparaît une concentration significative de la sinistralité inondation sur des territoires assez réduits. Par exemple, il ressort que 37% de la charge observée est contenue sur 576 communes, toutes dotées d'un AZI et ayant été déclarées au moins sept fois en état de catastrophe naturelle pour les inondations.

En outre, d'autres enseignements semblent intéressants. Près des trois quart de la charge sinistre et 70 % du nombre de sinistres sont contenus sur des communes pourvues d'AZI. Ceci souligne une part du chemin qu'il reste à faire quant à la complétion du zonage inondation en France.

D'une manière générale, ces observations se révèlent pour le moins instructives et s'inscrivent dans le sens de la démarche entreprise. Les tableaux suivants présentent une fréquence de sinistralité construite de manière homogène aux contrats (les sinistres inondations sur le segment « maison » sont ramenés au nombre de contrats maisons).

**Tableau 6-12 : Répartition de la sinistralité inondation observée entre 2000 et 2004 pour le segment MRH "Maison" selon le nombre d'arrêtés CatNat pris sur la même période.**

		Nb Arrêté Cat Nat sur la période 2000 - 2004										
Commune pourvue d'un zonage AZI	Données	0	1	2	3	4	5	6	7	9	Total	
non	Nb Cts Maisons	Par tranche	60 839	106 287	46 665	21 204	6 035	6 493	233	0	2 522	250 278
		>= tranche	250 278	189 439	83 152	36 487	15 283	9 248	2 755	2 522	2 522	
		>= tranche (en % du total)	36,16%	27,37%	12,01%	5,27%	2,21%	1,34%	0,40%	0,36%	0,36%	
	Nb Sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	633	1342	784	288	150	134	9	0	30	3370
		>= tranche	3370	2737	1395	611	323	173	39	30	30	
		>= tranche (en % du total)	27,24%	22,12%	11,27%	4,94%	2,61%	1,40%	0,32%	0,24%	0,24%	
	Charge sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	3	6	6	1	1	1	0	0	0	17 757 742
		>= tranche	18	15	9	4	2	1	0	0	0	
		>= tranche (en % du total)	19,98%	17,11%	10,59%	4,24%	2,65%	1,48%	0,35%	0,29%	0,29%	
	Fréquence Maisons	Par tranche	1,04%	1,26%	1,68%	1,36%	2,49%	2,06%	3,86%	0,00%	1,19%	1,35%
		>= tranche	1,35%	1,44%	1,68%	1,67%	2,11%	1,87%	1,42%	1,19%	1,19%	
	Nombre de communes concernées 2000 - 2004	Par tranche	436	687	247	62	29	13	1	0	1	1 476
>= tranche		1 476	1 040	353	106	44	15	2	1	1		
>= tranche (en % du total)		39,61%	27,91%	9,47%	2,84%	1,18%	0,40%	0,05%	0,03%	0,03%		
oui	Nb Cts Maisons	Par tranche	69 831	194 057	102 350	38 211	20 086	12 818	1 889	2 617	0	441 859
		>= tranche	441 859	372 028	177 971	75 621	37 410	17 324	4 506	2 617	0	
		>= tranche (en % du total)	63,84%	53,75%	25,71%	10,93%	5,40%	2,50%	0,65%	0,38%	0,00%	
	Nb Sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	659	3269	2290	774	1268	327	87	329	0	9 003
		>= tranche	9003	8344	5075	2785	2011	743	416	329	0	
		>= tranche (en % du total)	72,76%	67,44%	41,02%	22,51%	16,25%	6,01%	3,36%	2,66%	0,00%	
	Charge sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	2	20	17	6	14	3	1	8	0	71 110 336
		>= tranche	71	69	49	32	25	12	9	8	0	
		>= tranche (en % du total)	80,02%	77,47%	55,30%	35,80%	28,69%	13,23%	9,86%	8,69%	0,00%	
	Fréquence Maisons	Par tranche	0,94%	1,68%	2,24%	2,03%	6,31%	2,55%	4,61%	12,57%	0,00%	2,04%
		>= tranche	2,04%	2,24%	2,85%	3,68%	5,38%	4,29%	9,23%	12,57%	0,00%	
	Nombre de communes concernées 2000 - 2004	Par tranche	442	1090	505	135	54	18	4	2	0	2 250
>= tranche		2 250	1 808	718	213	78	24	6	2	0		
>= tranche (en % du total)		60,39%	48,52%	19,27%	5,72%	2,09%	0,64%	0,16%	0,05%	0,00%		
Tot	Nb Cts Maisons	Par tranche	130 670	300 344	149 015	59 415	26 121	19 311	2 122	2 617	2 522	692 137
		>= tranche	692 137	561 467	261 123	112 108	52 693	26 572	7 261	5 139	2 522	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	81,12%	37,73%	16,20%	7,61%	3,84%	1,05%	0,74%	0,36%	
	Nb Sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	1292	4611	3074	1062	1418	461	96	329	30	12 373
		>= tranche	12373	11081	6470	3396	2334	916	455	359	30	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	89,56%	52,29%	27,45%	18,86%	7,40%	3,68%	2,90%	0,24%	
	Charge sinistre Maisons Inondation 2000 - 2004	Par tranche	5	26	23	8	15	4	1	8	0	88 868 077
		>= tranche	89	84	59	36	28	13	9	8	0	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	94,58%	65,89%	40,03%	31,34%	14,71%	10,21%	8,98%	0,29%	
	Fréquence Maisons	Par tranche	0,99%	1,54%	2,06%	1,79%	5,43%	2,39%	4,52%	12,57%	1,19%	1,79%
		>= tranche	1,79%	1,97%	2,48%	3,03%	4,43%	3,45%	6,27%	6,99%	1,19%	
	Nombre de communes concernées 2000 - 2004	Par tranche	878	1777	752	197	83	31	5	2	1	3 726
>= tranche		3 726	2 848	1 071	319	122	39	8	3	1		
>= tranche (en % du total)		100,00%	76,44%	28,74%	8,56%	3,27%	1,05%	0,21%	0,08%	0,03%		

Le tableau ci-dessus montre la répartition de la sinistralité inondation observée entre 2000 et 2004 pour le segment MRH « Maison » selon le nombre d'arrêtés CatNat pris sur la même période. Ce zoom, sur une fenêtre temporelle réduite, permet de construire une statistique à des fins de prospectives selon les informations à disposition. Le choix de ne pas incorporer à ces statistiques des éléments antérieurs à l'année 2000 provient de l'absence des bases de données avant cette période. Il apparaît que sur ces cinq années, plus de 35% de la charge se concentre sur 213 communes pourvues d'un AZI et ayant connu au moins trois arrêtés CatNat.

La fréquence calculée de la sinistralité se comporte de manière intéressante. Elle croît à mesure que le nombre d'arrêtés augmente sur les communes dotées d'AZI tandis qu'elle a une valeur plutôt stable sur le périmètre des communes sans AZI. Plusieurs hypothèses font suite

à cette observation. Les événements en cause entre ces deux périmètres pourraient être de nature différente avec d'un côté des inondations par débordement de cours d'eau et de l'autre des inondations par ruissellement plus ponctuel et touchant des zones moins étendues. Ceci expliquerait également l'absence de tout zonage inondation plus délicat à mettre en œuvre pour du ruissellement que, par exemple, pour des inondations de plaine.

In fine, l'idéal serait que la répartition observée de la sinistralité sur cette période corresponde le mieux possible à celle observée sur la période 2005-2010.

**Tableau 6-13 : Répartition de la sinistralité inondation observée entre 2005-2010 selon la segmentation opérée sur la période 2000-2004.**

		Répartition des sinistres inondation observées sur la période 2005 à 2010 selon la segmentation opérée sur l'observée de 2000 - 2004										
Commune pourvue d'un zonage AZI	Données	0	1	2	3	4	5	6	7	9	Total	
<b>non</b>	Nb Cts MRH	Par tranche	122 742	72 335	28 488	16 577	3 942	6 440	233		2 522	253 279
		>= tranche	253 279	130 537	58 202	29 714	13 137	9 195	2 755	2 522	2 522	
		>= tranche (en % du total)	44,23%	22,80%	10,16%	5,19%	2,29%	1,61%	0,48%	0,44%	0,44%	
	Nb Sinistre Inondation 2005 - 2010	Par tranche	1792	787	331	138	137	67	5		19	3 276
		>= tranche	3276	1484	697	366	228	91	24	19	19	
		>= tranche (en % du total)	41,35%	18,73%	8,80%	4,62%	2,88%	1,15%	0,30%	0,24%	0,24%	
	Charge sinistre Inondation 2005 - 2010	Par tranche	11,1	3,7	3,0	0,8	0,8	0,5	0,0	0,0	0,1	20 087 888
		>= tranche	20,1	9,0	5,3	2,3	1,4	0,6	0,1	0,1	0,1	
		>= tranche (en % du total)	42,20%	18,98%	11,12%	4,76%	3,04%	1,34%	0,30%	0,26%	0,26%	
	Fréquence	Par tranche	1,46%	1,09%	1,16%	0,83%	3,48%	1,04%	2,15%	#DIV/0!	0,75%	1,29%
		>= tranche	1,29%	1,14%	1,20%	1,23%	1,74%	0,99%	0,87%	0,75%	0,75%	
	Nombre de communes concernées 2005 - 2010	Par tranche	920	338	105	35	17	11	1		1	1 428
		>= tranche	1 428	508	170	65	30	13	2	1	1	
		>= tranche (en % du total)	47,57%	16,92%	5,66%	2,17%	1,00%	0,43%	0,07%	0,03%	0,03%	
	<b>oui</b>	Nb Cts MRH	Par tranche	103 370	111 196	57 234	24 794	14 405	4 818	941	2 617	
>= tranche			319 375	216 005	104 809	47 575	22 781	8 376	3 558	2 617	0	
>= tranche (en % du total)			55,77%	37,72%	18,30%	8,31%	3,98%	1,46%	0,62%	0,46%	0,00%	
Nb Sinistre Inondation 2005 - 2010		Par tranche	1633	1532	1001	212	184	60	19	6		4 647
		>= tranche	4647	3014	1482	481	269	85	25	6	0	
		>= tranche (en % du total)	58,65%	38,04%	18,71%	6,07%	3,40%	1,07%	0,32%	0,08%	0,00%	
Charge sinistre Inondation 2005 - 2010		Par tranche	8,1	9,9	7,3	0,9	0,9	0,3	0,2	0,0	0,0	27 510 991
		>= tranche	27,5	19,4	9,5	2,2	1,3	0,4	0,2	0,0	0,0	
		>= tranche (en % du total)	57,80%	40,73%	19,99%	4,59%	2,80%	0,94%	0,39%	0,01%	0,00%	
Fréquence		Par tranche	1,58%	1,38%	1,75%	0,86%	1,28%	1,25%	2,02%	0,23%	0,00%	1,46%
		>= tranche	1,46%	1,40%	1,41%	1,01%	1,18%	1,01%	0,70%	0,23%	0,00%	
Nombre de communes concernées 2000 - 2004		Par tranche	754	505	203	65	35	8	2	2		1 574
		>= tranche	1 574	820	315	112	47	12	4	2	0	
		>= tranche (en % du total)	52,43%	27,32%	10,49%	3,73%	1,57%	0,40%	0,13%	0,07%	0,00%	
<b>Tot</b>		Nb Cts MRH	Par tranche	226 112	183 531	85 722	41 371	18 347	11 258	1 174	2 617	2 522
	>= tranche		572 654	346 542	163 011	77 289	35 918	17 571	6 313	5 139	2 522	
	>= tranche (en % du total)		100,00%	60,52%	28,47%	13,50%	6,27%	3,07%	1,10%	0,90%	0,44%	
	Nb Sinistre Inondation 2005 - 2010	Par tranche	3425	2319	1332	350	321	127	24	6	19	7 923
		>= tranche	7923	4498	2179	847	497	176	49	25	19	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	56,77%	27,50%	10,69%	6,27%	2,22%	0,62%	0,32%	0,24%	
	Charge sinistre Inondation 2005 - 2010	Par tranche	19,2	13,6	10,4	1,7	1,7	0,8	0,2	0,0	0,1	47 598 879
		>= tranche	47,6	28,4	14,8	4,5	2,8	1,1	0,3	0,1	0,1	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	59,70%	31,11%	9,35%	5,84%	2,28%	0,69%	0,27%	0,26%	
	Fréquence	Par tranche	1,51%	1,26%	1,55%	0,85%	1,75%	1,13%	2,04%	0,23%	0,75%	1,38%
		>= tranche	1,38%	1,30%	1,34%	1,10%	1,38%	1,00%	0,78%	0,49%	0,75%	
	Nombre de communes concernées 2000 - 2004	Par tranche	1674	843	308	100	52	19	3	2	1	3 002
		>= tranche	3 002	1 328	485	177	77	25	6	3	1	
		>= tranche (en % du total)	100,00%	44,24%	16,16%	5,90%	2,56%	0,83%	0,20%	0,10%	0,03%	

Ce tableau présente les résultats de la méthode mise en place à savoir la projection des sinistres inondations sur la période 2005 à août 2010 conformément à la segmentation réalisée suite aux sinistres inondations survenus entre 2000 et 2004.

La seule concentration de charge significative apparaît sur le périmètre « commune avec AZI et un arrêté CatNat sur la période 2000 à 2004 » et concentre 20 M€ soit 40% de la charge inondation (observée sur 2005 à 2009) sur 110 000 contrats maisons (un total sur la période de 47 M€). Au seuil de deux arrêtés CatNat, la charge contenue passe à 20% soit 10 M€ c'est-à-dire à peine plus de ce qui est observé pour les communes dépourvues d'AZI (17%).

En revanche, là où 35% de la charge se concentrait (commune avec AZI et au moins trois arrêtés CatNat sur la période 2000-2004), il ne ressort plus que 4,6% de la charge sur la période 2005-2010 soit à peine moins que sur les communes ayant le même nombre d'arrêtés et ne possédant pas d'AZI.

De la mise en parallèle de ces résultats avec les coûts inhérents à l'adaptation du système information actuel, il apparaît que ces résultats souffrent de trop nombreuses limites pour servir de support fiable à l'élaboration d'une tarification différenciée selon l'exposition à l'aléa inondation telle qu'elle est présentée dans cette partie.

Cependant, ces éléments ont le mérite de cartographier les indicateurs techniques à disposition et de poser les jalons quant à la philosophie à adopter pour appréhender le risque inondation auquel est fortement soumis le portefeuille MRH et ses comptes de résultat. Au final, ces travaux permettent de nourrir la réflexion des responsables des branches quant aux tenants et aboutissants de la mise en place d'une politique de souscription du risque inondation.

Après s'être intéressé à la problématique des risques de masse, les responsables technique et produit de la branche entreprise, se sont montrés intéressés et sensibles à la problématique des risques naturels et notamment celle de l'inondation. Dans cette optique, les perspectives offertes par les processus spécifiques propres à ce portefeuille, avec les services d'ingénierie des risques et ses pratiques en matière de visite de risque, semblent pouvoir lever les contraintes liées à la réalisation des traitements en « back office ».

A contrario, l'intervention humaine via l'avis d'expert pour la souscription des risques lourds en entreprise ouvre le champ des possibilités et doit permettre d'aborder ces problématiques sous un angle différent.

### **6.3. L'ORGANISATION DE L'OFFRE D'ASSURANCE : CREATION DE LA GARANTIE INONDATION HORS CATASTROPHE NATURELLE DE LA BRANCHE ENTREPRISE**

Le recours à des applications aidant à l'analyse de l'exposition d'un lieu de risques aux aléas naturels, se révèle être un précieux atout dans un contexte de changement climatique souligné par les multiples et très récentes grandes catastrophes. De l'angle d'approche des risques d'entreprise, la connaissance du degré d'exposition des sites assurés au regard d'un risque naturel ouvre des perspectives novatrices. La première vise au renforcement de l'offre de protection contre les risques naturels, là où le régime CatNat trouve ses limites et n'intervient pas. Ce nouveau type de produit doit se poser non pas en substitut mais en véritable complément du régime agissant aux contours d'un système parfois flou.

La seconde s'inscrit dans une perspective d'accompagnement des clients en les informant des risques latents auxquels ils sont soumis ainsi qu'en leur prodiguant des conseils en matière de prévention face à des risques, bien souvent sous-estimés et ne recevant généralement pas toute l'attention et, de facto, la préparation qui leurs sont dues.

#### **6.3.1. Philosophie**

Outre l'ambition de façade que recouvre la création d'une telle offre, la volonté première vise à normaliser, à réguler la couverture en matière de risque inondation dont le cadrage n'est pas toujours très explicite et connu de toutes les parties prenantes. En effet, une étude interne des contrats passés en entreprise a montré que la garantie inondation n'était pas exclue de manière systématique. De facto, un assuré subissant un dommage généré par une inondation et situé sur une commune non déclarée en état de catastrophe naturelle pouvait le cas échéant demander réparation. Ce constat révèle à la fois un défaut dans le processus de souscription en entreprise, une carence dans la remontée des informations des équipes de souscriptions vers les directions centrales aboutissant, en bout de chaîne, à un défaut de provisionnement de ce risque puisque méconnu.

Cet imbroglio autour de la garantie inondation provient de la nature des contrats possibles avec, par exemple, des clauses de type « sont garantis tous les dommages sauf ... » ou encore des garanties inondations glissées dans des intercalaires courtiers dont la maîtrise du cadre légal entourant cette loi ne s'avère pas toujours acquise alors que, les conditions générales de souscription d'AXA France stipulent clairement de ne pas délivrer une telle garantie dans le socle de base des contrats dommage.

En conséquence, une étude portant sur cette garantie a révélé que, bien souvent, les entreprises sont couvertes contre le risque inondation en général sans aucune contrepartie tarifaire ni même une remontée d'informations empêchant ainsi tout provisionnement et tarification de ce risque. Par exemple, il est apparu sur différentes affaires qu'une telle garantie était délivrée avec des capacités allant jusqu'à 50 M€. Ce constat justifie à lui seul la mise en place d'un cadre normatif entourant ce risque.

Au final, une carence en termes de gestion de ce type de risque a été mise à jour. En réaction un encadrement strict de la garantie inondation hors CatNat s'est imposé aux responsables de ce segment.

Cette nouvelle garantie est le fruit de la prise de conscience du secteur de l'entreprise des conséquences latentes des événements catastrophiques dont au premier rang figure les inondations. La mise en application de cette nouvelle garantie a été effective à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2010 et résulte d'un travail commun avec Christophe Delcamp alors responsable dommage aux biens pour les branches MRE et flotte auto ainsi que Didier Couderc directeur du segment dommage pour la partie grande entreprise.

Pour ces raisons, lors de la souscription d'affaires nouvelles et lors du processus de renouvellement des contrats, la sensibilité de l'assuré en question aux phénomènes climatiques et, dans un premier temps, au risque inondation doit être appréhendée avec précision.

Dans cette optique, une analyse de la sinistralité historique survenue en inondation a été menée. L'objectif consiste à déterminer des indicateurs disponibles à l'échelle du territoire national fournissant une discrétisation des territoires selon leur propre niveau d'exposition à l'aléa inondation.

### 6.3.2. Analyse de la sinistralité historique en risque d'entreprise

Cette section vise à étudier la répartition de la sinistralité historique par rapport aux zones inondables telles qu'elles sont fournies par les services de l'Etat. Afin de palier le manque d'exhaustivité de ces données, les indicateurs d'exposition disponibles sur le site de la MRN sont utilisés. Le site est consultable à l'url suivante : <http://www.mrn.asso.fr>.

La sinistralité historique d'AXA France et notamment de son portefeuille entreprise est analysée au regard de ces informations. Les éléments considérés sont ceux de la branche MRE pour les contrats monosites ayant fait l'objet d'une déclaration de sinistre sur la période allant de janvier 2000 à novembre 2010.

**Tableau 6-14 : Cartographie de la sinistralité historique.**

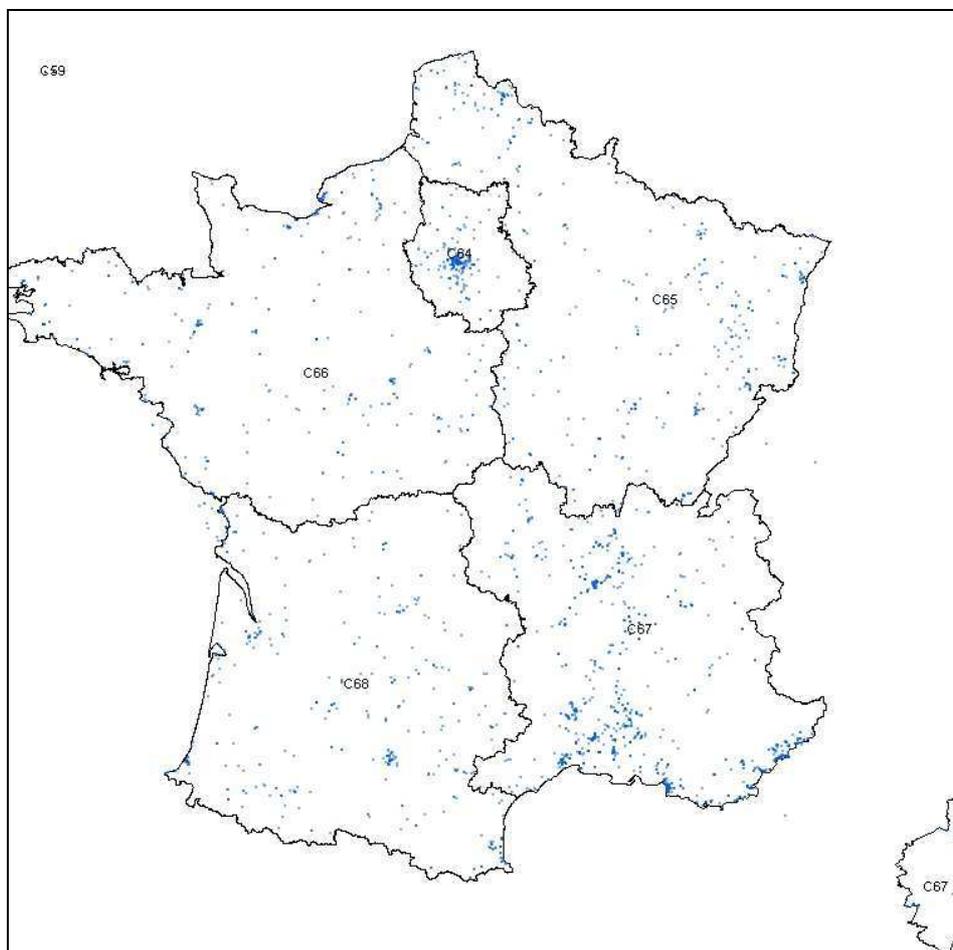
<b>Dossiers Sinistres Ouverts</b>	<b>UP Ouvertes</b>	<b>Contrats concernés</b>	<b>Charge Totale</b>
2 727	2 774	2 165	153 M€

Sur cette période et ce segment de portefeuille, 2 726 sinistres ont été comptabilisés pour une charge totale de 153 M€. Afin d'étudier leur exposition face au zonage inondation et aux indices fournis par la MRN, le géocodage des sinistres observés depuis l'année 2000 est réalisé.

**Tableau 6-15 : Niveau de géolocalisation des contrats MRE monosites ayant subi au moins un sinistre depuis l'année 2000.**

Accuracy	Nb Cts	Répartition
NR	109	3,9%
Commune	762	27,4%
Code Postal	505	18,2%
rue	639	23,0%
adresse	761	27,4%
<b>Total</b>	<b>2 776</b>	<b>100%</b>

L'ensemble des éléments chiffrés présentés ici ne concerne que les éléments considérés comme géocodés précisément (adresse + rue) soit 1 400 sinistres. Ce choix est conditionné par la notion de zone industrielle, propre à ce segment et renvoyant une géolocalisation au niveau de la rue. A titre indicatif, une représentation est donnée ci-dessous.

**Figure 6-8 : Répartition de la sinistralité Entreprise sur le territoire national et selon le découpage en régions AXA.**

Cette cartographie présente la répartition de la sinistralité inondation en entreprise depuis l'année 2000 pour les contrats monosites. Visuellement, il apparaît que les régions Sud-Est et Ile-de-France contiennent une part importante de la sinistralité.

**Tableau 6-16 : Part du territoire définie comme exposée aux inondations d'après les informations disponibles et fournies par les pouvoirs publics.**

Périmètre	Superficie (Km <sup>2</sup> )	%
AZI	25 661	4,7%
France Métropolitaine	549 360	

Ce tableau montre que moins de 5% du territoire métropolitain est sous l'emprise d'un AZI.

**Tableau 6-17 : Répartition de la sinistralité selon la proximité du zonage AZI et du cours d'eau le plus proche.**

Distance au cours d'eau le plus proche (m)¶	Scoring approchant (azi<300m) puis distance au cours d'eau le plus proche	Nb Sinistre	Fréquence Cumulée Sinistre	Charge Sinistre (M€)	Charge Cumulée
		AZI	287	20,5%	24,9
	AZI<100	137	30,3%	9,2	42,0%
	AZI<300	127	39,4%	17,5	63,6%
	<100	79	45,0%	2,3	66,4%
	<200	98	52,0%	7,1	75,2%
	<300	61	56,4%	1,0	76,5%
	<400	87	62,6%	4,3	81,8%
	<500	76	68,0%	4,4	87,2%
	<750	206	82,7%	3,8	91,9%
	<1000	103	90,1%	2,7	95,2%
	<1500	75	95,4%	2,6	98,5%
	<2000	38	98,1%	1,1	99,8%
	<3000	16	99,3%	0,1	99,9%
	<5000	7	99,8%	0,0	100,0%
	>10000	3	100,0%	0,0	100,0%
	<b>Total</b>	<b>1 400</b>	<b>100%</b>	<b>81,0</b>	<b>100%</b>

Le tableau 6-16 présente la répartition de la sinistralité inondation selon, dans un premier temps, la localisation de l'entreprise par rapport à la zone inondable. Dans un second temps, il est choisi de répartir les sinistres ne rentrant pas dans ce premier périmètre, selon la distance au cours d'eau le plus proche (d'après la base données Carthage, tronçons hydrographiques de niveau 1 à 3).

Le seuil de 300m pour la distance du site à la zone inondable vise à tenir compte des imprécisions du géocodage ainsi que des contours des AZI.

Il apparaît que, la simple information exposition (qui concerne moins de 1/20 de la superficie totale du territoire métropolitain) telle qu'elle existe aujourd'hui dans l'applicatif MRN permet de concentrer 40% de la sinistralité inondation en nombre et près des deux tiers de la charge sur la période 2000 – 2010.

La seconde partie du tableau permet de palier les limites soulevées : la non exhaustivité des informations sur l'exposition qui se retrouve mécaniquement dans l'applicatif MRN<sup>4</sup>. Le recours à l'information distance au cours d'eau le plus proche permet de palier l'absence de données sur l'exposition.

Dans ce cas, on concentre plus de la moitié du nombre de sinistre et plus de 75% de la charge en ciblant les sinistres survenus à moins de 300 d'une zone inondable ou ceux à moins de 300 m d'un cours d'eau.

Dans un premier temps, il a été choisi de ne pas mettre en place une solution technique induisant l'élaboration d'un nouvel outil de souscription. En conséquence, malgré les chiffres et les possibilités de ciblage qui en découlent, il a été décidé de s'adosser dans un premier temps à des solutions existantes. L'idée étant de mettre en place le cadre normatif dans un premier temps avant d'envisager des procédés techniques plus spécifiques.

Dans cette optique, c'est tout naturellement que l'attention s'est portée sur les seuils de vigilance mis au point par les équipes de la MRN. Ces seuils ont été élaborés afin de proposer une appréciation qualitative et surtout homogène en matière de niveau d'exposition du site à l'aléa. En effet, la multitude ainsi que la diversité des organismes, modèles, méthodes et données, utilisées pour la réalisation des AZI n'offrent pas une lecture directe des différents niveaux d'exposition. La MRN a réalisé une évaluation exhaustive du niveau d'exposition selon la méthode de modélisation de l'aléa et des caractéristiques des zones identifiées sur les lieux de risque. De cette mise en perspective, il ressort la mise en place d'un indicateur qualitatif de l'exposition se déclinant selon quatre degrés de vigilance face au risque inondation :

- Seuil HAUT : Inclus l'ensemble des risques avérés c'est à dire :
  - Les modélisations d'aléa par intensité de niveau « Fort » et « Moyen »,
  - Les modélisations d'événements historiques (Plus Hautes Eaux Connues PHEC, événements passés),
- Seuil MOYEN : Inclus :
  - Les modélisations de type NC (c'est à dire avec méthodes de modélisation non spécifiées),
  - Les modélisations par fréquence uniquement pour les zones de fréquence « Exceptionnelle »,
  - Les modélisations d'aléa par intensité de niveau « Faible »,
  - Les sites Hors zones inondables ou sans lot de données présent localement mais étant à une distance inférieure à 450 m d'un cours d'eau,
- Seuil BAS : Inclus :
  - Les modélisations par fréquence uniquement pour les zones de fréquence « Très fréquente » et « Fréquente »,

---

<sup>4</sup> Exemple : la Gironde, et la zone sinistrée du Var en juin 2010 ne sont pas cartographiées, les inondations par ruissellement demeurent délicates à cartographier.

- Les sites hors zones inondables ou sans lot de données présent localement mais étant à une distance comprise entre 450 m et 900 m d'un cours d'eau,
- Seuil TRES BAS : Inclus :
  - Les sites Hors zone inondable ou sans lot de données présent localement mais étant à une distance supérieure à 900 m d'un cours d'eau.

Dans un premier temps, les 1 400 sinistres historiques ont été répartis selon le seuil de vigilance de la MRN.

**Tableau 6-18 : Répartition des sinistres par région et selon le seuil de vigilance mis en place par la MRN.**

Partie Masquée

Ce tableau montre comment se répartit la sinistralité inondation au prisme du seuil de vigilance de la MRN. Cette comparaison entre la répartition des contrats et de ceux sinistrés montre la sur-sinistralité enregistrée en région Sud-Est et, également dans les régions où les charges sont largement inférieures à la moyenne nationale (régions 66 et 68).

Il ressort de ce tableau que plus des deux tiers de la charge sinistre inondation des contrats MRE monosites sont localisés sur des territoires placés en seuil de vigilance soit « moyen » soit « élevé » par la MRN. Même si aucune information sur la fréquence de sinistre n'est donnée, il faut rappeler que la démarche vise à encadrer le risque pécuniaire lié à l'inondation. En conséquence, ces indicateurs d'exposition sont jugés suffisamment discriminants pour élaborer à partir de cette connaissance une politique d'assurance du risque inondation hors du régime CatNat.

### **6.3.3. Le processus de souscription**

Partie Masquée

Partie Masquée

Ces critères ont été élaborés en prenant garde à ne pas déclencher des effets indésirables. En effet, la mise en place de ce type de garantie pourrait, si le champ couvert n'était pas restrictif, inciter l'Etat à ne pas déclarer telle ou telle commune en état de catastrophe naturelle puisque, au bout du compte, les sinistrés seraient indemnisés sans que l'Etat (à travers la CCR) n'y participe.

Ensuite, l'exclusion de garantie concernant les bâtiments situés en zone inconstructible vise à ne pas déséquilibrer la constitution du portefeuille avec ces mauvais risques. D'une manière générale, cela revient, dans une certaine mesure, à envoyer un signal aux pouvoirs publics. Cela laisse augurer des conséquences, en cas de libéralisation du marché des CatNat, et de l'impact potentiel sur les élus et décideurs locaux. En effet, le non-respect des plans de prévention des risques pourra engendrer des sanctions pécuniaires parfois lourdes sur leurs administrés. A ce titre, on peut y voir se dessiner les premières esquisses du rôle d'intermédiaire que pourraient jouer les assureurs dans les prochaines années entre assurés et pouvoirs publics pour inciter à la bonne application ainsi qu'au respect des textes législatifs et réglementaires en matière de prévention des risques naturels comme l'inondation.

Concernant les aspects techniques, le lancement de cette garantie inondation hors intervention du régime de catastrophe naturelle constitue une innovation en soit. Elle constitue le premier produit d'assurance qui prend en compte l'exposition d'un bien assuré à un aléa d'origine naturelle.

## Conclusions du sixième chapitre

Ce chapitre s'est attaché à montrer en quoi et comment l'information géographique apporte des connaissances nouvelles, nécessaires et suffisantes, pour faire évoluer l'offre d'assurance. Les éléments présentés dans la première section proposent un éclairage des enjeux et conséquences, sur le paysage de l'assurance, inhérents à l'introduction du facteur exposition à un aléa comme variable tarifaire. La description du panel de stratégies offert par l'intégration de ce type de variables montre l'étendue du champ d'action, pouvant aller jusqu'à une différenciation forte par rapport au marché, et prouve que le choix final du positionnement relève d'une décision à forte connotation politique. En effet, quelle que soit la prise de position sur le sujet, elle sera interprétée comme un signal fort à destination des pouvoirs publics. Il convient donc d'en mesurer pleinement les conséquences en s'appuyant sur des éléments concrets et pertinents dont la synthèse a été restituée dans ce chapitre.

- De l'enjeu de l'organisation de l'offre

Les différentes évolutions au gré de solutions techniques et de données diverses présentées ici ont permis de cartographier le champ des possibilités offertes par l'introduction, comme variable tarifaire, de l'exposition à un aléa en insistant sur les tenants et aboutissants inhérents à une telle démarche. Dans le contexte actuel et face à l'opportunité que pourrait représenter une libéralisation accrue du régime CatNat (dans le sens du projet de loi de juillet 2011), il s'avère indéniable que l'intégration de l'information géographique est un atout majeur pour le développement et l'acquisition de nouvelles connaissances menant à une maîtrise de l'exposition des portefeuilles d'assurés, du processus de souscription à la gestion des cumuls, face à des risques comme l'inondation. Au demeurant et comme tout nouveau sujet, la prudence est de rigueur afin de ne pas se différencier de manière radicale sur un marché nouveau et dont les enjeux sont potentiellement proportionnels à l'étendue des territoires soumis à ces événements.

- Des informations disponibles pour l'estimation du risque

Dans cette optique, une analyse des données inondation au regard de la sinistralité observée d'AXA France a permis de dégager divers enseignements dont notamment la faible part de contrats sinistrés malgré leur localisation dans des zones touchées par un aléa. Ce constat met en exergue le manque d'informations et donc de connaissances des biens assurés limitant, de prime abord, le gain technique immédiat généré par l'intégration de la variable exposition. En revanche, il a été montré qu'une large majorité de la charge se concentre dans ces zones exposées à l'aléa. En définitive, ces travaux tendent à démontrer que l'indicateur « localisé en zone inondable » ne suffit pas à lui seul pour fonder une politique de souscription globale sur l'ensemble des risques sur ces territoires et que, en l'état des connaissances et sans aller plus loin dans l'investigation des biens assurés, le déploiement d'une telle politique semble, aujourd'hui, prématurée. C'est par l'acquisition de connaissances complémentaires à l'instar des risques d'entreprise que s'engager dans cette voie devient possible.

- De l'adaptation des solutions aux spécificités des branches

Ce chapitre a mis en exergue les différences de problématiques existantes entre le secteur des risques de masse et ceux pour des risques plus spécifiques comme l'entreprise. En effet, les primes moyennes relatives à chacun de ces segments étant sans commune mesure, les marges de manœuvre quant à l'évolution du système ne sont pas les mêmes. En MRE, la souscription d'un risque dans le portefeuille nécessite le déplacement d'un expert sur le terrain. En MRH, la souscription est réalisée selon les déclarations de la personne demandeuse d'assurance. Dans ce contexte, l'intégration de l'information géographique dans le processus de souscription en risque de masse nécessite une refonte du système, la contrainte majeure étant de passer un temps limité pour la tarification excluant tout relevé manuel d'indicateur pouvant influencer le tarif. Ce qui relève du domaine du possible pour les risques lourds ne l'est donc pas pour les autres types de risque.

- A la création d'une nouvelle offre d'assurance

Enfin, ce dernier chapitre permet de démontrer les opportunités d'innovation offertes en matière d'organisation de l'offre d'assurance par le biais de l'intégration de l'information géographique au sein des processus métiers. La commercialisation de la garantie inondation hors catastrophe naturelle pour la branche MRE illustre les opportunités en matière d'évolutions de l'assurance et constitue, à notre connaissance, le premier produit d'assurance en France fondé sur l'exposition d'un bien à un aléa comme l'inondation. D'un point de vue plus « technique », ce nouveau produit se positionne aux contours du périmètre du système CatNat et a pour but de se dégager du flou actuel y régnant. In fine, cela permet de clarifier conditions d'indemnisation des assurés face au risque inondation.

## CONCLUSIONS DE LA TROISIEME PARTIE

Cette troisième partie a fait état des perspectives d'évolution de l'organisation actuelle de l'assurance face aux événements d'ampleur. Elle montre, à travers des exemples concrets, comment l'intégration de l'information géographique dans les processus métiers constitue un véritable vecteur d'évolution des métiers de l'assurance que ce soit au niveau de l'offre de services ou de produits d'assurance avec, en trame de fond, des opportunités pour renforcer la relation assuré/assureur.

Le cinquième chapitre a présenté l'apport de l'information géographique pour la création de nouvelles offres de service à travers les attentes induites par les besoins en matière de gestion des événements d'ampleur. La difficulté relative à la mise en place de ce nouveau type de service provient notamment de la nécessité d'acquérir de nouveaux savoir-faire techniques. Le développement de ces nouvelles offres de service doit impérativement s'adosser à un ensemble de données météorologiques et climatiques de qualité suffisante tant du point de vue quantitatif, pour le déclenchement de l'état d'alerte, que du point de vue qualitatif, pour permettre le ciblage des clients directement concernés par le phénomène en cours. La multiplicité des offres combinée aux spécificités propres à chaque société rencontrée rendent le choix délicat sur un sujet à forte portée opérationnelle mais contraint par les possibilités existantes en l'état des connaissances et avancées scientifiques. Par nature, l'équilibre ici est régi par une part d'incertitudes liées à la réalisation ou non de la prévision, sachant que dans les faits la réalité peut aller au-delà du domaine du prévisible. Dans un second temps, l'objet revient à développer des capacités d'analyse et d'intégration de ces données dans un processus métier. Cela nécessite de transformer une information climatique en un événement d'ampleur vu par les filtres de l'assurance. Pour cela les tests menés ont permis de définir et de mettre en place les modalités de traitement de ces nouvelles informations et de juger de leur pertinence pour estimer la sinistralité escomptée.

Le sixième chapitre a passé en revue les différents éléments constitutifs de l'organisation de l'offre de l'assurance face aux événements d'ampleur. L'exemple pris de la construction d'une politique de souscription fondée sur les nouvelles connaissances apportées par le recours à l'information géographique a permis de cartographier les solutions à disposition ainsi que les conséquences relatives à la mise en place d'une telle approche. La pierre d'achoppement est constituée des risques sous-jacents induits dans le cas d'une prise de position trop écartée du reste du marché. Ces éléments démontrent, d'une part, la nécessité de développer une véritable expertise sur le sujet et, d'autre part, de compléter les descriptifs actuels des biens assurés disponibles dans le système d'information afin de rassembler des indicateurs pertinents pour une compréhension accrue de l'impact de ces événements sur le portefeuille d'assurés. Au final, les enseignements apportés via les divers retours d'expérience des grands événements inondation ont permis d'éclairer sur la qualité des données disponibles pour l'élaboration de stratégies de souscription aboutissant, pour les risques de masse, à la création de moyens de pilotage fins de ces risques. Au demeurant, le déploiement opérationnel de cette approche nécessite une évolution des processus de souscription avec notamment la refonte du mécanisme de tarification et du système d'information dédié. Concernant les risques lourds, la connaissance nouvelle apportée par l'information géographique a permis d'aboutir à la mise en place d'une nouvelle garantie venant se placer

au contour du périmètre du régime CatNat actuel. Cette dernière offre une vision plus claire à un assuré du risque qu'il encourt en cas d'inondation. Le flou régnant aux limites du système légal, suspendu aux décisions politiques pour ouvrir droit aux indemnisations, permet de clarifier la situation d'un assuré qui se verra ainsi indemnisé en cas d'inondation exceptionnelle ; peu importe pour lui, que la commune sur laquelle son activité est implantée, soit déclarée ou non en état de catastrophe naturelle.

D'une manière générale, ces éléments illustrent un autre aspect de l'impact potentiel de l'appropriation par une société d'assurance des technologies de l'information géographique. Cette partie tente de démontrer que l'information géographique offre un champ de perspectives allant au-delà du gain de connaissances et de la réponse à un certain nombre de questions en suspend et peut, sous certaines conditions, amener le secteur de l'assurance dans une autre dimension en allant au plus proche de ses clients via de nouvelles offres de service. Elle met également en avant le rôle et la place que tient l'information géographique pour sa mise au service du monde de l'assurance en lui ouvrant de nouveaux secteurs à explorer qui touchent de près aux domaines de la prévention amenant ainsi l'assurance à conforter un peu plus son action sociale en matière de protections et de soins apportés à ses clients. L'ensemble de ces éléments démontrent l'adéquation des technologies de l'information à la chaîne de valeur assurantielle en offrant dès aujourd'hui des capacités de création et d'innovation en matière de services et de produits.

En définitive, les points abordés dans cette partie et notamment la création de la garantie inondation sans CatNat permettent à AXA France de se positionner sur un nouveau segment de marché. En ce sens, il s'agit, à travers de cette nouvelle connaissance produite par l'information géographique, de créer un avantage concurrentiel par l'innovation en proposant des produits novateurs par rapport au reste du marché. De ce point de vue, ces éléments nouveaux apportés par l'usage de l'information géographique font inscrire l'information géographique et ses technologies et techniques associées au cœur de la chaîne de valeur assurantielle qui se décline pour AXA France autour du triptyque « Disponible, Fiable, Attentionné ».

# CONCLUSIONS GENERALES

Ces travaux s'inscrivent dans une optique de gestion des événements d'ampleur au prisme de l'assurance. Il est évident que la prévention, l'atténuation voire, lorsque cela est nécessaire, l'exclusion des risques s'avèrent être indéniablement les mesures phares pour atteindre un équilibre en termes de gestion. Cependant, vouloir éviter toutes les catastrophes est illusoire et la préparation des aspects financiers de ces événements constitue donc un élément fondamental de tout assureur exerçant son activité sur des territoires exposés.

Ce manuscrit propose de répondre aux besoins exprimés par la société AXA France concernant une connaissance accrue des risques catastrophiques, qu'ils soient d'origines naturelles ou humaines, afin d'en dégager des moyens d'appréhension pertinents pour la mise en place et/ou l'optimisation de ses processus métiers clés formant la chaîne de valeur assurantielle (souscription, cumul, gestion des sinistres, réassurance). La construction de ce manuscrit a été entreprise de manière pragmatique visant à rendre compte, au fil des chapitres, de la valeur ajoutée qu'engendre l'emploi de l'information géographique pour la mise en place de véritables stratégies d'appréhension et, in fine, de gestion de ces risques.

## **Des modalités pour le recours et l'usage de l'information géographique**

La pierre d'achoppement est constituée ici par le niveau de sensibilisation des acteurs de l'assurance à l'usage de l'information géographique. Mis à part les utilitaires développés au sein des services dédiés au geomarketing, l'état des pratiques se situe à un stade, pour le moins, balbutiant. Cependant, l'apparition de nouvelles contraintes engendrées, notamment, par l'évolution des normes de régulation ou encore par la volonté de sortir du principe unilatéral de solidarité du régime CatNat (voir le projet de loi du 13 juillet 2011) pressent les sociétés d'assurance à acquérir et développer des connaissances nouvelles sur les événements extrêmes.

Ainsi, le contexte actuel se révèle propice à la percolation de l'information géographique au sein des métiers de l'assurance. Les opportunités offertes par son emploi se déclinent à tous les niveaux de la chaîne de valeur en créant de la valeur ajoutée. La réussite de ce processus d'intégration de l'information géographique dans les métiers de l'assurance tient en une bonne assimilation et diffusion de ces connaissances et savoir-faire afin de sensibiliser le secteur à ces pratiques. Dans ce cadre, le lien avec la problématique de la qualité de l'information géographique se pose comme un des leviers majeurs pour faciliter l'assimilation et l'acceptation de ces données, encore perçues comme exogènes, et faire évoluer ce type d'information en véritable connaissance.

La voie prise de mener cette sensibilisation par la démonstration a permis de faire état de la portée et des limites des pratiques en la matière afin d'éclairer au mieux les professionnels du secteur quant à l'interprétation de ces nouvelles connaissances produites par l'emploi de l'information géographique.

### **De l'utilité de l'information géographique pour une connaissance accrue des événements d'ampleur**

Au travers des exemples présentés, que ce soit sur le risque d'inondation, de sécheresse géotechnique, de tempête ou d'explosion, le processus d'intégration de l'information géographique a été appliqué et a permis de mettre en exergue la valeur ajoutée inhérente à ces approches. En effet, les différentes solutions apportées pour l'analyse du risque de souscription, le positionnement d'un portefeuille d'assurés au regard d'un risque naturel ou technologique, l'analyse des couvertures de réassurance ou encore dans le cadre de problématiques opérationnelles de solvabilité, démontrent l'intérêt, en termes de possibilités et perspectives, de la maîtrise de l'information géographique par l'assurance.

Les moyens employés et les études de cas présentées ont clairement fait apparaître la complémentarité existante entre les possibilités analytiques offertes par l'emploi de l'information géographique et l'approche statistique segmentée des assureurs ; la combinaison de ces deux types d'approches autorisant une nouvelle mesure de ces risques plus en phase avec leur réalité physique. Les travaux menés sur ces différents thèmes n'ont pas d'autre prétention que de procurer matière à réflexion pour l'élaboration, par les responsables des diverses branches de marché de l'assurance, de nouvelles stratégies d'appréhension de ces risques pouvant aller, selon les enjeux propres à chaque secteur, jusqu'à la mise en place de politique de souscription de ces risques.

### **De l'utilité de l'information géographique pour la gestion de ces risques**

De ces travaux, il ressort que le recours à l'information géographique s'avère être, pour une société d'assurance, un moyen pertinent pour améliorer la gestion des événements d'ampleur. Il s'agit de la mise en place d'un cercle vertueux entre la diminution de la vulnérabilité des assurés et la réduction de l'impact de ces événements intervenant à chaque phase du processus de gestion. Même s'il demeure aujourd'hui délicat d'estimer la part de dommages évitée, en termes de coût, par la mise en place d'une stratégie de gestion, il reste néanmoins certain que l'importance des enjeux latents lors de l'occurrence de catastrophes justifie à elle seule l'intérêt porté à ce sujet.

La phase de préparation consiste, d'une manière sommaire, en la sensibilisation des assurés, la diffusion de consignes permettant de définir collégialement un plan de mise en sécurité et également de faire pression sur les collectivités territoriales pour la prise de décisions adaptées au contexte local. En parallèle et dans le cadre d'une libéralisation du régime des catastrophes naturelles, les évolutions évoquées se traduisent par le déploiement possible de leviers tarifaires modulés selon l'exposition à un aléa et par la mise en place de mesures de réduction du risque. Dans ce contexte, il apparaît une réelle opportunité pour le secteur de l'assurance d'endosser pleinement son rôle d'incitation à la prévention. Cela passe par le contrôle du respect des mesures de réduction de la vulnérabilité comme celles imposables sur

les territoires soumis à des PPR et également par la proposition de mesures de mitigation complémentaires déclinées à l'échelle du particulier et de l'entreprise.

Cette démarche est en cours d'élaboration pour la branche entreprise où les ingénieurs préventeurs des risques se voient sensibilisés à la problématique de l'inondation lors du déroulement des visites de risque historiquement centrées sur l'incendie.

Au moment de la crise, une voie d'amélioration consiste à la mise en place de moyens d'alerte complémentaires à ceux des pouvoirs publics ou organismes affiliés visant à diminuer la vulnérabilité des enjeux exposés. Les conditions de réussite nécessitent de diffuser l'information d'alerte suffisamment tôt, d'être personnalisée selon le profil de l'assuré et fiable afin qu'elle permette de mobiliser le client à bon escient et donc de réduire les dommages potentiels.

Après la crise, l'emploi de l'information géographique doit permettre d'optimiser les processus de gestion de sinistres en aidant à l'estimation de la sinistralité pour par exemple le bon dimensionnement des centres d'appels ou encore l'amélioration du missionnement d'experts sur le territoire par rapport aux besoins réels.

### **De l'utilité de l'information géographique pour l'organisation d'une entreprise d'assurance**

L'intégration de l'information géographique dans les processus métiers de l'assurance permet de créer des opportunités de différenciation sur le segment des risques naturels et ainsi de générer potentiellement un avantage stratégique face à la concurrence. Néanmoins, deux approches fondamentalement différentes ont dû être élaborées, la première développée pour le portefeuille des risques de masse, sans aujourd'hui avoir été traduite concrètement, et la seconde, développée pour les risques d'entreprise et transposée sur le plan opérationnel. Le différentiel existant entre ces deux approches résulte de l'impact organisationnel sur les activités, les métiers ainsi que sur le système d'information sous-jacent. Pour les risques de masse, cela implique des investissements lourds passant, entre autres, par une refonte du processus de souscription et impactant in fine, l'ensemble de l'organisation actuelle de la souscription de ce segment.

Pour le risque d'entreprise, le positionnement de l'information géographique au sein du processus de souscription permet d'ouvrir de nouveaux segments de marché par le biais de garanties venant se positionner aux contours du régime CatNat. Cette innovation s'adosse à l'assimilation de l'information géographique. Elle est rendue possible au regard de l'enjeu et des modalités de souscription propres à la branche entreprise faisant appel à un traitement particulier de chaque affaire. En outre, elle permet également de faire évoluer les relations assuré/assureur en proposant des solutions pour la réalisation de diagnostics face au risque inondation accompagnées, à l'instar des pratiques en incendie, de mesures de réduction de la vulnérabilité propre à chaque entreprise.

Ces avancées permettent à l'assurance d'endosser véritablement son rôle d'incitation à la prévention et de prendre, dans une certaine mesure, le relai des pouvoirs publics. L'exemple de Xynthia en 2010 a souligné une fois de plus l'incapacité récurrente à anticiper les événements extrêmes dans toute leur ampleur, leur complexité, leur globalité. Et pourtant les risques d'inondation sur les territoires impactés par Xynthia étaient bien établis mais les PPR

élaborés n'étaient pas mis en œuvre. L'assurance pourrait par ce biais jouer ce rôle de mémoire et de relai de l'information en poussant à l'application des textes législatifs existants et aux respects des réglementations.

Finalement, il ne faut pas oublier que les événements extrêmes ont toujours fait partie du paysage des sociétés, les ayant parfois même façonnées. Il n'y a donc aucune raison pour que cela cesse. En matière de prévision, il est certain que les séries climatiques à venir apporteront leur lot d'événements extrêmes toujours éloignés des moyennes observées. Quant aux projections, elles ne se montrent guère plus optimistes : ces événements devraient devenir plus intenses voire éventuellement plus fréquents, tout en balayant des territoires toujours plus densément peuplés, concentrant des valeurs qui ne cessent de s'enrichir. Tout montre que l'action à mener ne doit pas se contenter du « déjà vu » mais doit se forcer à aller au-delà. Un exemple intuitif, pour bien appréhender cette idée, est celui des températures. Comme le mentionnent avec verve les experts de l'Académie des Sciences, la vague de chaleur observée pendant l'été 2003 constituera inévitablement la norme d'ici 40 ans. En conséquence, les événements extrêmes auront, dans un avenir pas si éloigné, une intensité fortement accrue par rapport à nos repères actuels. En outre, le lien soulevé entre l'évolution du climat et des effets de seuil laisse planer le spectre de l'avènement de ruptures brutales dans les séries climatiques, expliquées par la non-linéarité des phénomènes physiques régissant le climat, pour finalement prendre en défaut les mécanismes de gestion mis en place. En définitive, force est de reconnaître que les événements extrêmes n'arrêteront pas de nous surprendre par leur intensité et leur répétition... Alors pourquoi ne pas, humblement, œuvrer chacun à sa manière et à l'aune de ses propres possibilités, pour la mise en place de mesures, aussi simples soient-elles, de prévention, de mitigation... de toute action tendant vers une adaptation de nos sociétés à ces événements, pour, lors de leur future occurrence, se défaire ne serait-ce qu'un peu du sentiment-refuge qu'est la fatalité ?

## BIBLIOGRAPHIE

Aalders H. J. G. L. 2002. *The Registration of Quality in a GIS. Spatial Data Quality*. New York. Taylor & Francis. Pp 186-199.

Académie des Sciences. 2010. *Événements climatiques extrêmes. Réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux*. Sous la direction de Henri Descamps. Rapport sur la science et la technologie. 29. Institut de France. 240p.

ADEME. 2009. *Dans l'air du temps, l'énergie éolienne*. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'eau. Les Energies Renouvelables. 28p.

AIR, 2010 : *AIR Catastrophe Modeling* :  
[http://www.air-worldwide.com/\\_Public/html/catmodeling.asp](http://www.air-worldwide.com/_Public/html/catmodeling.asp)

Agence France-Presse. 2008. *Un conducteur polonais fait trop confiance à son GPS*. 26 octobre 2008. 12 h 45.

APREF. 2008. *Renouvellement des programmes de réassurance Tempêtes en France en 2008*. Association des Professionnels de la Réassurance En France. Rapport Benfield. 32 p.

APREF. 2009. *Evolution du régime des Catastrophes Naturelles*. Association des Professionnels de la Réassurance En France. 17p.

APREF. 2011. *Réforme du régime des Catastrophes Naturelles*. Association des Professionnels de la Réassurance En France. 36p.

Aviotti A. 2011. *Contribution à la caractérisation de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation*. Thèse de doctorat de l'école des Mines de Paris.

Banos A. 2001. *A propos de l'analyse exploratoire des données*. Cybergegeo. N°197.  
<http://cybergegeo.revues.org/index4056.html>

Barthelemy J. R. 2005. *Evaluation économique du risque d'inondation, comparaison France-Pays Bas - RAPPORT DE RECHERCHE*. Programme EPR. MEEDDAT.

BCEOM. 2005. *Etude générale des crues de la Meuse*. EPAMA.

Beck U.2001. *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Paris. Aubier.

- Bédard Y. 2010. *Le géodécisionnel: origine, évolution, état de l'art, enjeux, R&D*. 29 octobre. École Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de recherche sur les Risques et les Crises. Sophia-Antipolis. France.
- Bernier E., Gosselin P., Badard T. and Bédard Y. 2009. *Easier Surveillance Of Climate-Related Health Vulnerabilities Through A Web-Based Spatial Olap Application*. International Journal of Health Geographics. Vol 8. N° 18.
- Boin A. T. and Hunter G. J. 2007. *What communicates quality to the spatial data consumer?* 5th International Symposium on Spatial Data Quality. Enschede. Pays-Bas. 13-15 juin. 8p.
- Boscoboinik A. 2007. *Le processus catastrophe: vulnérabilités, discours, réponses*. Thèse de doctorat. Université de Fribourg. 263p.
- Bruner G. W. 2008. *River Analysis System Hydraulic reference manual*. USACE. p 441.
- Blin P., Leclerc M., Secretan Y. et Morse B. 2005. *Cartographie du risque unitaire d'endommagement par inondations pour les résidences unifamiliales du Québec*. Revue des sciences de l'Eau. 25p.
- Caron C. et Larrat P. 2006. *Géomatique d'affaires : la localisation pour la performance*. Communication présentée lors de la troisième conférence des usagers de JMap. KHEOPS Technologies. Paris.
- Carréga P. 2007. *Information Géographique et Climatologie*. Collection : Information Géographique et Aménagement du Territoire - Traité IGAT. Edition Hermès-Lavoisier. 240p.
- Carréga P. 2003. *Les risques naturels liés à la pluie et à la sécheresse : élaboration de cartes des pluies extrêmes et des risques d'incendies de forêt dans une région méditerranéenne : la Toscane (Italie)*. Riscuri si catastrofe. Vol II. Edit V. Sorocovschi. Pp 271-286.
- Cartorisques. 2009. Portail de Cartographie des Risques Naturels du MEEDDAT. <http://cartorisque.prim.net>
- CCR. 2007. *Les catastrophes naturelles en France*. Caisse Centrale de Réassurance. Rapport annuel sur le régime d'assurance des catastrophes naturelles.
- CCR. 2010. *Rapport Annuel 2009*.
- CEIOPS. 2010. *Spécifications techniques du QIS 5 (étude quantitative d'impact)*. <https://www.ceiops.eu/consultations/qis/quantitative-impact-study-5/technical-specifications/index.html>

CEIWR-HEC. 2008. *HEC-FDA: Flood Damage Reduction Analysis: User's Manual*. USACE.

[http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-fda/documentation/CPD-72\\_V1.2.4.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-fda/documentation/CPD-72_V1.2.4.pdf)

Charpentier A. 2009. *Les modèles en Réassurance*. Revue Risques : Où va la réassurance ? FFSA.

CEIOPS. 2010. *Catastrophe task force report on standardised scenarios for the catastrophe risk module in the standard formula*. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.

CEPRI. 2008. *Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation Manuel des pratiques existantes*. Centre Européen de Prévention du Risque Inondation. Juin 2008.

Chemitte J. 2008. *Adoption des technologies de l'information géographique et gestion des connaissances dans les organisations.- Application à l'industrie de l'assurance pour la gestion des risques naturels*. Thèse de doctorat. CRC - Mines ParisTech.

Certu. 2010. *La qualité des données géographiques. Etat des lieux pour un débat*. Note Analytique. MEEDTL. 30p.

Clanché F. et Rascol O. 2010. *Le découpage en unités urbaines de 2010, département de la Démographie*. Insee :

[http://insee.fr/fr/themes/document.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=ip1364#encadrel](http://insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=0&ref_id=ip1364#encadrel)

Crichton D. 2005. *Flood Risk & Insurance in England and Wales: Are there lessons to be learned from Scotland?* Technical Paper 01. Benfield Hazard Research Center.

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. Pp. 87-96.

Dauphiné A. 2004. *Réflexions préliminaires sur les vulnérabilités analytiques et synthétiques – Risques naturels et aménagement en Europe*. Editions Armand Colin. Paris. Pp. 68-71.

David S., Dan Vesset D. and Morris H. D. 2005. *Market Analysis: Worldwide Spatial Information Management 2005-2009 Forecast and 2004 Vendor Shares*. IDC, Framingham, MA, USA. Market Analysis. Vol 1. November. 26 p.

Devillers R., Stein A., Bédard Y., Chrisman N., Fisher P. and Shi W. 2010. *Thirty years of research on spatial data quality: Achievements, failures, and opportunities*. Blackwell Publishing. Transactions in GIS. 14(4). Pp 387-400.

- Devillers R. 2004. *Conception d'un système multidimensionnel d'information sur la qualité des données géospatiales*. Thèse de doctorat. Université Laval. Québec.
- Devillers R., Gervais M., Bédard Y. and Jeansoulin R. 2002 *Spatial data quality: from metadata to quality indicators and contextual end-user manual*. OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quantity Management. 21-22 Mars 2002. Istanbul. Pp 45-55.
- Dewey J. M. 2005. *The TNT equivalence of an optimum propane–oxygen mixture*. Journal of Physics D: Applied Physics. Pp. 4245–4251.  
<http://www.blastanalysis.com/WordDocuments/Dewey%202005.pdf>),
- DGUHC. 2005. *Inondations : Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation*. 37p.
- DIPCN 1990-2000. *Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelle : Stratégie et Plan d'action de Yokohama pour un monde plus sûr*. ONU.
- Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.
- Directive 2009/138/CE du parlement européen et du conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et de leur exercice (Solvabilité II) (refonte).  
<http://register.consilium.europa.eu/pdf/fr/09/st03/st03643-re06.fr09.pdf>
- Domenichini J. 2008. *Calcul de la sinistralité relative à des aléas « naturels » et anthropiques rares : systèmes d'information géographique (SIG), retour d'expérience et méthodes prospectives pour l'évaluation de sinistres inondation et terrorisme en réassurance*. Thèse Université Paris I. 255 p.
- Donguy A. 2009. *Rapport bibliographique de fin de première année de thèse*. CRC – Mines ParisTech.
- Dutta D., Herath S. and Musiake K. 2003 *A mathematical model for loss estimation*. Journal of Hydrology. Elsevier.
- EQECAT. 2010. EQECAT : <http://www.eqecat.com>
- Embrechts P. 2004. *From Dutch Dykes to Value-at-Risk: Extreme Value Theory and Copulae as Risk Management Tools*. ETH Zurich and London School of Economics. University of Oxford. Nomura Centre for Quantitative Finance.
- Fédération Française des Sociétés d'Assurances. *Rapport d'activité 2008*. 2008.  
[http://www.ffsa.com/webffsa/portailffsa.nsf/html/rapport2008/\\$file/RAFFSABDcompletVF.pdf](http://www.ffsa.com/webffsa/portailffsa.nsf/html/rapport2008/$file/RAFFSABDcompletVF.pdf)

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2009. *Synthèse de l'étude relative à l'impact du changement climatique et de l'aménagement du territoire sur la survenance d'événements naturels en France*. Colloque Impacts du changement climatique. Mercredi 29 avril 2009. Auditorium de la FFSA.

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2009. *Assurance française : les résultats 2009 et les perspectives pour 2010*. Collection Etudes et Statistiques.

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2010. *Rapport d'activité 2009*.  
[http://www.ffsa.com/webffsa/portailffsa.nsf/html/rapport2008/\\$file/RAFFSABDcompletVF.pdf](http://www.ffsa.com/webffsa/portailffsa.nsf/html/rapport2008/$file/RAFFSABDcompletVF.pdf)

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2010. *Rapport annuel 2009*.

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2010. *Catastrophe naturelle : l'indemnisation des entreprises et des commerces sinistrés*.

Fédération Française des Sociétés d'Assurances. 2011. *En route vers la réforme du régime des « CatNat »*. La lettre « Assurer ». Septembre 2011.

Fedeski M. and Gwilliam J. 2007. *Urban sustainability in the presence of flood and geological hazards: The development of GIS-based vulnerability and risk assessment methodology*. Landscape and Urban Planning. Elsevier. 0619-2046.

FEMA HAZUS. 2008. *MultiHazard Software presentation*.  
<http://www.lib.ncsu.edu/gis/hazusmh.html>

FHRC. 2005. *The benefits of flood and coastal risk management. A handbook of assessment techniques*. Middlesex University press.

FLOODsite. 2007. *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. Rapport de recherche.

Gaber J., Orignac P., Masse E., Beaumont G. et Deronzier P. 2007. *Evaluation socio-économiques des instruments de prévention des inondations*. MEEDDAT. 87p.

Garbolino E. et Guarnieri F. 2003. *Systèmes d'information et risques naturels*. Ouvrage collectif. Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.

Gérin S. 2011. *Méthodologie d'évaluation des PPRN dans le contexte de l'assurance des catastrophes naturelles*. Thèse de doctorat. Université Paris 7 - Paris Diderot, UMR 8586 PRODIG.

- Gervais M., 2004. *Pertinence d'un manuel d'instructions au sein d'une stratégie de gestion du risque juridique découlant de la fourniture de données géographiques numériques*. Thèse de l'Université Laval Québec et Université de Marne-La-Vallée. 356 p.
- Gervais M., Bédard Y., Jeansoulin R. et Cerveille B. 2005. *Gestion de l'incertitude dans les bases de données géographiques : développement du modèle du producteur raisonnable*. Revue internationale de Géomatique. Volume X - no X/2005. Pages 1 à X.
- Gervais M. 2010. *L'information géospatiale (IG) et ses considérations juridiques*. Conférence ROBVQ. 23 octobre 2010. Lac Beauport. 23 octobre 2010. Projet GEOIDE.
- GIEC. *Bilan 2007 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité*. Rapport du Groupe d'experts II.
- Gilles A. 2004. *Cartographie du risque naturel dans le monde. Etude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité*. Cybergeo, Environnement, Nature, Paysage.  
<http://www.cybergeo.eu/index2614.html>
- Godard O., Henry C., Lagadec P. et Michel-Kerjan E. 2002. *Traité des nouveaux risques - Précaution, crise, assurance*. Folio actuel inédit. Deuxième édition.
- Goria S., Stempfelet M. et De Crouy-Chanel P. 2011. *Introduction aux méthodes statistiques et aux systèmes d'information géographique en santé environnement – Application aux études écologiques*. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire. 65 p.
- Grelot F. 2004. *Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique à priori*. Thèse de doctorat. ENSAM.
- Guarnieri F., Napoli A., Nussbaum R. et Robert F. 2003. *Apport des systèmes d'information dans la gestion des risques naturels par les sociétés et mutuelles d'assurance*. Dans *Systèmes d'information et risques naturels*. Les Presses de l'Ecole des Mines. Paris.
- Halleguette S., Hourcade J. C. and Dumas P. 2007. *Why economic dynamics matter in assessing climate change damages: illustration on extreme events*. Ecological Economics. Volume 62. Issue 2. Pp. 330-340.
- HAZUS. 2009. *HAZUS®MH MR4 Flood Model User Manual*. FEMA.  
<http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3727>
- Herzog P. 2008. *Les enjeux de Solvabilité II à un an de son adoption*. Paru le 5 février 2008.  
<http://www.philippeherzog.org/spip.php?article183>
- Hubrig M. 2004. *Analyse von Tornado- und Downburst-Windschäden an Bäumen. Analysis of Tornado and Downburst Wind Damage to Trees*. Forst Holz 59, 78–84.

- Hunter G. J. 1999. *Managing Uncertainty in GIS*. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management. 2e édition. England, John Wiley & Sons. Vol 2. Pp 633-641.
- IGF, IGE et CGPC. 2005. *Rapport particulier sur les aspects assuranciers et institutionnels du régime CATNAT*. Mission d'enquête sur le régime d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles.
- INSPIRE. 2007: *Journal Officiel de l'Union Européenne, Directive INSPIRE*. « Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) ».
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). 2007. *Fourth Assessment Report*. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>
- IRIS J. 2009. *Contribution de la méthodologie et de la technologie géodécisionnelle pour l'aide à l'évaluation des risques naturels dans le secteur de l'assurance en France*. Thèse de doctorat. CRC - Mines ParisTech.
- Iris J., Chemitte J. and Napoli A. 2007. *Web GIS platform initiative for natural hazard exposure assessment for insurance industry* in *The Geospatial Web: how geo-browsers, social software and the Web 2.0 are shaping the network Society*. Springer.
- Johnson C., Penning-Rowsell E. and Tapsell S. 2007. *Aspiration and reality: flood policy, economic damages and the appraisal process*. Journal compilation - Royal Geographical Society (with The Institute of British Geographers). 39 214–223.
- Jonkman S. N. and Kellman I. 2005. *An analysis of causes and circumstances of flood disaster deaths*. Disasters. Vol. 29. N° 1. Pp 75–97.
- Jonkman S. N., Bockarjova M., Kok M. and Bernardini P. 2007. *Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands*. Ecological Economics. Elsevier. Pp 77-90.
- JORF. 2001. *Arrêté du 13 décembre 2010 portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle*. Journal Officiel de la République Française n°0010 du 13 janvier 2011. Page 686. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000023412937&dateTexte=&categorieLien=id>

- Jousseume V. and Mercier D. 2008. *Évaluer la vulnérabilité architecturale de l'habitat en zone inondable. L'exemple du Val nantais*. Actes du colloque « Vulnérabilités sociétales, risques et environnement. Comprendre et évaluer. Université Toulouse – le Mirail. 14, 15 et 16 mai 2008.
- Karamahmut U. 2006. *Risk Assessment for Floods Due to Precipitation Exceeding Drainage Capacity*. Thèse de doctorat. Faculty of Civil Engineering and Geosciences.
- Klaus J., Pflügner W., Schmidtke R. F., Wind H. and Green C. 1994. *Models for Flood Hazard Assessment and Management*. Hazard assessment, modelling and management. London. Pp 67-106.
- Kunreuther H. and Grossi P. 2005. *Catastrophe modelling: a new approach to managing risk*. Springer.
- Kunreuther H. and Michel-Kerjan E. 2009. *At War with the weather: managing large-scale risks in a new era of Catastrophes*. MIT Press. Cambridge, MA, USA. 448p.
- Lagadec P. 1991. *La gestion des crises outils de réflexion à l'usage des décideurs*. MCGRAW-HILL.  
[http://www.patricklagadec.net/fr/pdf/integral\\_livre1.pdf](http://www.patricklagadec.net/fr/pdf/integral_livre1.pdf)
- La Dépêche.2009. *Compte-rendu du procès AZF*. Blog Procès AZF.  
<http://blogazf.ladepeche.com/index.php?2009/03/31/1973-detonique-suite>
- Ledoux B. et Sageris. 2000. *Guide de la conduite des diagnostics des vulnérabilités aux inondations pour les entreprises industrielles*. Rapport MATE. 126 p.
- Ledoux B. 2003. *Synthèse des évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations*. MEEDDAT.
- Le-Huu T. 2006. *Assessment of Socio-Economic Impacts of Hydro-meteorological Disasters: Recent Experiences & Developments*. Water Resources Section Environment and Sustainable Development Division. UNESCAP.
- Leone F., Denain J. C., Vinet F. and Bachri S. 2006. *Analyse spatiale des dommages au bâti de Banda Aceh (Sumatra, Indonésie). Contribution à la connaissance du phénomène et à l'élaboration de scénarios de risque tsunami*. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. Pp 69–94.
- Leone F. et Vinet F. 2006. *La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels dans la Vulnérabilité des sociétés et territoires face aux menaces naturelles*. Ouvrage collectif sous la direction de Leone F. et Vinet F. *Analyses géographiques*. Pp 9-25.

- Leone F. 2007. *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes « naturelles » : contribution à une évaluation géographique multirisque*. HDR. 330 p.
- Litzenberger R. H., Beaglehole D. R. and Reynolds C. E. 1996. *Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securities as a New Class Asset*. Fixed Income Research. Pp. 1-27. Goldman Sachs. Mimeo.
- Manno J. P. 2000. *Privileged Goods: Commoditization and Its Impact on Environment and Society*. Ecological Economics Series. Lewis Publisher.
- Marche C. 2008. *Barrages, crues de rupture et protection civile*. Presses Internationales Polytechnique. Deuxième édition. 405p.
- Maret I. et Goeury R. 2008. *La Nouvelle-Orléans et l'eau : un urbanisme à haut risque*. Environnement Urbain / Urban Environment. Vol 2. Pp 107-122.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 2000. *Dossier d'Information sur le risque inondation*.
- Ministère du Budget, des comptes publics et de la réforme d'Etat. 2011. *Document de consultation en préparation d'une réforme du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles échéance : 13/07/2011*.
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable. 2006. *Guide pour l'estimation des dommages matériels potentiels aux biens des tiers en cas d'accidents majeurs*. 42p.  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GUIDE\\_Version\\_definitive.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GUIDE_Version_definitive.pdf)
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable. 2004. *Les inondations : Dossier d'information*. 20 p.  
<http://www.prim.net>.
- MEEDDAT. 2006. *Bénéfices économiques de la protection contre le risque d'inondation. ECONOMIE – EVALUATION – ENVIRONNEMENT*. Synthèse du document de travail n°06 -E-05.
- MEEDDAT. 2007. *Evaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations*. Collections « Etudes et synthèses ».
- MEEDDM. 2010. *Tempête Xynthia retour d'expérience, évaluation et propositions d'action*. Tome I : Rapport. 192p.
- Mengual P. 2006. *Contribution à la caractérisation de la vulnérabilité des PME-PMI aux inondations : vers un instrument méthodologique d'autodiagnostic*. Thèse de doctorat. Université de Nice - Sophia Antipolis.

- Menne B., Ebi K. L. 2006. *Climate change and adaptation strategies for human health*. Published on behalf of the World Health Organization Regional Office for Europe. Germany: Steinkopff Verlag Darmstadt.
- Messner F. and Meyer V. 2005. *Flood damage, vulnerability and risk perception. Challenges for flood damages research*. FLOODSITE. UFZ discussion paper.
- Messner F., Penning-Rowsell E., Green C., Meyer V., Tunstall S. and Van der Veen A. 2007. *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. UFZ. FLOODSITE.
- Meyer V., Messner F., Penning Roswel E., Green C., Tunstall S. and Van der Veen A. 2009. *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. UFZ. FLOODSITE.
- Mileti D. 1995. *Factors related to flood warning response*. U.S.-Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts, and Management of Extreme Floods. p. 17. Perugia.
- Mlakar P. F. 1998. *The Oklahoma City Bombing: Analysis of Blast Damage to the Murrah Building*. Dans *Journal of Performance of Constructed Facilities*. Vol 12. N 3. Pp 113–119.
- MRN-CRC. 2001. *Cartographies et technologies associées appliquées aux risques d'inondations. Etat de l'art et perspectives en France pour le secteur assurance*. Rapport pour les adhérents FFSA et GEMA.
- Münich Re. 2004. *Rétrospective des catastrophes naturelles survenues en 2003 : Evaluation de la vulnérabilité des grandes villes à l'aide d'un indice de risque*. *Topics Geo*. 60p.
- Munich Re. 2009. *Annual Report 2009 (Group)*.
- Münich Re. 2010. *Overall picture of natural catastrophes in 2010 – Very severe earthquakes and many severe weather events*. Press Release.
- Münich Re. 2011. *Great natural catastrophes worldwilde 1950 – 2010*. *Geo Risks Research*. NatCatSERVICE. Press release.
- Münich Re. 2011. *Accumulation of very severe natural catastrophes makes 2011 a year of unprecedented losses*. Press release.  
[http://www.munichre.com/en/media\\_relations/press\\_releases/2011/2011\\_07\\_12\\_press\\_release.aspx](http://www.munichre.com/en/media_relations/press_releases/2011/2011_07_12_press_release.aspx)
- Nabiul Islam K. M. 2006. *Impact of Flood in urban Bangladesh – Micro and Macro level Analysis*. AH Development Publishing House and Community Library. Dhaka, Bangladesh.

- Napoli A., Guarnieri F. et Nussbaum R. 2002. *Contribution to spatial decision support system for flood Insurance claims assessment*. 23<sup>rd</sup> Urban Data Management Symposium. Proceedings section II. 2-4 October. Prague. Czech Republic.
- Nelder J A. and Wedderburn W. M. 1972. *Generalized Linear Models*. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). Blackwell Publishing. Vol. 135. No 3. Pp. 370–384.
- Nowamooz H. 2007. *Retrait/Gonflement des sols argileux compacts et naturels*. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine. 243 p.
- Nussbaum R. 2000. *Pour une géographie économique des risques naturels. / For an economic geography of natural hazards*. Géocarrefour. Vol 75. N° 75-3. Pp. 255-260.
- Nussbaum R. 2002. *La place des assurances dans la gestion des risques naturels. Risques naturels et aménagement en Europe*. Sous la direction d'Yvette Veyret. Editions Armand Colin. Pp 233-235.
- OCDE. 2004. *Une analyse comparative du rôle de l'assurance dans la gestion des risques liés à l'environnement*. Aspects Fondamentaux des Assurances. Assurances et risques environnementaux.
- OCDE. 2010. *Durs enseignements des tremblements de terre au Chili et en Haïti*. Organisation de Coopération et de Développement Economique.  
[http://www.oecd.org/document/38/0,3343,fr\\_2649\\_35961311\\_44846683\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/38/0,3343,fr_2649_35961311_44846683_1_1_1_1,00.html)
- OEMA. 2010. *Baromètre prospectif 2010 de l'évolution des métiers et des compétences de l'assurance sur fond de crise, un dynamisme certain !* Observatoire de l'évolution des métiers de l'assurance.
- Otto H. J. 2000. *Expériences sylvicoles après des ouragans catastrophiques. Regards dans le passé en Basse-Saxe*. Revue forestière française. Vol II. N° 3. Pp 223-238.
- Penning-Rowsell E., Johnson C., Tunstall S., Tapsell S., Morris J., Chatterton J. and Green C. 2003. *The Benefits of Flood and Coastal Defence: Techniques and Data for 2003 (The Multi-Coloured Manual)*. Flood Hazard Research Centre (FHRC). Middlesex University. Enfield.
- Penning-Rowsell E., Johnson C., Tunstall S., Tapsell S., Morris J., Chatterton J. and Green C. 2005. *The benefits of flood and coastal risk management: a manual of assessment techniques*. Middlesex University Press. London.
- Penning-Rowsell E. and Wilson T. 2006. *Gauging the impact of natural hazards: the pattern and cost of emergency response during flood events*. Transactions of the Institute of British Geographers 31. Pp 99–115.

- Perry R. 1994. *Evacuation decision-making in natural disasters*. Environmental risks and hazards. Pp 208–221.
- Pico L. 2007. *L'usage des SIG appliqués à l'assurance ; un avenir prometteur*. Conférence utilisateurs francophones ESRI 2007. Versailles. Octobre 2007.
- Pico L. et Amat J. 2007. *Un modèle de simulation pour la gestion du risque sismique à Beyrouth. Le SIG, méthodologie au cœur du modèle de simulation*. Conférence utilisateurs francophones ESRI 2006. Issy les Moulineaux. Octobre 2006.
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement). 2004. *La réduction des risques de catastrophes. Un défi pour le développement*. Rapport du programme des Nations Unies pour le développement. Bureau pour la prévention des crises et du relèvement. New York, USA. 159 p.  
[www.undp.org/bcpr](http://www.undp.org/bcpr)
- Pornon H. 2007. *Bilan et perspectives de 20 années de Géomatique*. Géomatique Expert. N° 57. Juin-Juillet 2007.
- Pottier N. et Lefort E. 2004. *L'évaluation des vulnérabilités territoriales pour l'aide à la gestion des inondations par les collectivités locales*. Colloque international: "Contraintes environnementales et gouvernance des territoires". Lille.
- Qiu J. and Hunter G. J. 2002. *A GIS with the Capacity for Managing Data Quality Information*. Spatial Data Quality (W. Shi, P.F. Fisher and M.F. Goodchild, Eds). Taylor & Francis. New York. Pp 230-250.
- Queensland Government. 2002. *Guidance on the assessment of tangible flood damages*. Department of Natural Ressources and Mines.
- Rapport d'Information du Sénat. 2009. *La situation des sinistrés de la sécheresse de 2003 et le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles*. Commission des finances.  
<http://www.senat.fr/rap/r09-039/r09-0391.pdf>
- Rasse G. 2009. *Les plans de prévention des risques technologiques au prisme de la vulnérabilité. Le point de vue du juriste*. Thèse de doctorat. CRC - Mines ParisTech. 326 p.
- Redier V. 2009. *Un rapide survol de la réassurance au cours des 30 dernières années*. Revue Risque. FFSA.
- Reghezza M. 2006. *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*. Thèse de doctorat de l'Université Paris X Nanterre. 384p.

Règlement (CE) N° 1606/2002 du parlement européen et du conseil du 19 juillet 2002 sur l'application des normes comptables internationales.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:243:0001:0004:fr:PDF>

RMS. 2008. *Risk Management Solutions* : <http://www.rms.com>.

RPA/FHRC. 2004. *The appraisal of human-related intangible impacts of flooding*. Defra/Environment Agency R & D. Technical report.

Ruin I. 2007. *Conduite à contre-courant : les pratiques de mobilité dans le Gard : facteur de vulnérabilité aux crues rapides*. Thèse de doctorat de l'université de Grenoble. 362p.

Sanders L. 2000. *Modèles en analyse spatiale*. Hermes.

SAS. 2008. SAS 9.3.1. *Help and Documentation*.

[http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index\\_913.html](http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index_913.html)

Schanze J., Zeman E. and Marsalec J. 2006. *Flood Risk Management : Hazards Vulnerability and Mitigation Measures*. NATQ Sciences – Earth and Environmental Sciences. 319 p.

SFPE. 2008. *Handbook of Fire Protection Engineering*. National Fire Protection Association. 4 edition.

Slovic P. 1987. *Perception of risk*. Science. Vol. 236. p. 280–285.

Solvabilité II. 2007 : *Directive Européenne Solvabilité II*.

[http://ec.europa.eu/internal\\_market/insurance/solvency/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/internal_market/insurance/solvency/index_fr.htm), directive adoptée le 27 juillet 2007 par la Commission européenne en 2009.

Swiss Re. 1999. *Les inondations : un risque assurable ?*. Swiss Re Publishing.

Swiss Re. 2003. *Catastrophes naturelles et réassurance*. 46 p.

[http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLu/ESTR-5PCH67/\\$FILE/Nat\\_Cat\\_fr.pdf](http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLu/ESTR-5PCH67/$FILE/Nat_Cat_fr.pdf)

Swiss Re. 2009. *The effects of climate change: An increase in coastal flood damage in Northern Europe*. Focus Report.

Swiss Re. 2010. *Natural catastrophes and man-made disasters in 2009: catastrophes claim fewer victims, insured losses fall*. Sigma.

Tachon F. 1994. *Une merveille à maîtriser, les SIG*. Dans *Penser la Terre*. Sous la direction de Morlin E. Editions Autrement., 246 p.

- Tapsell S. M., Penning-Rowsell E. C., Tunstall S. M. and Wilson T. L. 2002. *Vulnerability to flooding: health and social dimensions*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. A 360 1511–25.
- Thouret J. C. et D'Ercole R. 1996. *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales*. Cahier des Sciences Humaines. Pp 407-422.
- Thourot P. et Fougère F. 2006. *L'assurance française en 20 leçons*. Economica.
- Tobler W. 1970. *A computer movie simulating urban growth in the Detroit region*. Economic Geography. 46(2). Pp 234-240.
- Torterotot J. P. 1993. *Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes*. Thèse de doctorat de l'ENPC-CERGRENE. Noisy-le-Grand. 287 p.
- Usbeck T., Wohlgenuth T., Dobbertin M. Pfister C., Bürgi A. et Rebetez M. 2010. *Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007*. Agricultural and Forest Meteorology. 150. Pp 47-55.
- Vinet F. 2007. *Approche institutionnelle et contraintes locales de la gestion du risque – Recherches sur le risque inondation en Languedoc-Roussillon*. HDR. 245p.
- Vinet F. 2008. *Geographical analysis of damage due to flash floods in southern France : The cases of 12-13 November 1999 and 8-9 september 2002*. Applied Geography. Elsevier. Pp 323-336.
- Voronkoff M. 2010. *La modélisation des dommages et pertes consécutives aux inondations*. Colloque SHF : « risques inondation en Ile de France ». Paris.
- Wagemaker J., Leenders J. and Huizinga J. 2008. *Economic valuation of flood damage for decision makers in the Netherlands and the lower Mekong river basin*. HKV Consultants. The Netherlands.
- Walford N. 2002. *Geographical data, Characteristics and Sources*. John Wiley & Sons. England. 274 p.
- Weitzman Z. 2007. *A review of the Stern Review of Economics and Climate Change*. Journal of Economics Literatures. 45. Pp 703-724.
- Weitzman Z. 2009. *On modelling and Interpreting the economics of catastrophic climate Change*. Review of Economics and Statistics. 91. Pp 1-19.
- Woo G. 1999. *The mathematics of natural catastrophes*. Imperial College Press. London.

Zajdenweber D. 2006. *Economie et gestion de l'assurance*. Economica.

Zaninetti. 2005. *Statistique Spatiale méthodes et applications géomatiques*. Collection Lavoisier Applications des SIG. Hermès.

## Liste des Figures

Figure 0-1 : Evolution du coût des sinistres assurés et non-assurés générés par les grandes catastrophes (source : Swiss Re, 2009).....	- 14 -
Figure 0-2 : Evolution du nombre de grandes catastrophes (source : Swiss Re, 2009). .....	- 15 -
Figure 0-3 : Analyse des grandes catastrophes survenues de 1950 à 2010 dans le monde et ventilées par type d'événement en % (source : Munich Re, 2011).....	- 18 -
Figure 0-4 : Les pertes dues aux catastrophes naturelles (valeur 2009) selon leurs catégories (primaires ou secondaires). Source : Swiss Re, Sigma catastrophhs database.....	- 19 -
Figure 1-1 : Répartition des garanties au sein des contrats multirisques habitation en 2009 (source : FFSA, 2009).....	- 32 -
Figure 1-2 : Répartition des sinistres en 2009 (source : FFSA, 2009). .....	- 34 -
Figure 1-3 : Evolution des sinistres et primes acquises pour les catastrophes naturelles et tempête, grêle, neige (garantie TGN) sur le marché français hors Auto (M€) .....	- 36 -
Figure 1-4 : Répartition des arrêtés par nature de périls de 1982 à 2008. (Source : FFSA, 2009)....	- 37 -
Figure 1-5 : Evolution des primes et sinistres hors automobile pour le marché et par exercice de survenance (données Caisse Centrale de Réassurance, CCR) issues de l'ensemble des cédantes à vision 2010).....	- 38 -
Figure 1-6 : Evolution de la provision d'égalisation constituée par la CCR en M€. (Rapport annuel CCR, 2009).....	- 40 -
Figure 1-7 : Un doublement estimé de la charge des sinistres pour les 20 prochaines années (FFSA, 2009).....	- 43 -
Figure 1-8 : Grille méthodologique d'analyse prospective par la chaîne d'activités (source OEMA, 2010).....	- 44 -
Figure 1-9 : L'augmentation du montant des pertes économiques assurées dues aux catastrophes naturelles (Munich Ré, 2010).....	- 45 -
Figure 1-10 : Incidences du changement climatique sur les primes et les besoins en fonds propres d'une société d'assurance ou de réassurance.....	- 46 -
Figure 1-11 : Extrait de l'étude publiée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) en 2010. Réponse à la question : “ Pour chacun des domaines suivants, estimez-vous que l'on dit la vérité sur les dangers qu'il représente pour la population ? ” .....	- 46 -
Figure 1-12 : Modélisation des risques selon l'approche historique.....	- 59 -
Figure 1-13 : Exemple d'une courbe de distribution des dommages générés par les catastrophes naturelles aux Etats-Unis.....	- 61 -
Figure 1-14 : Graphique montrant les courbes d'OEP pour l'aléa tempête 2012 des logiciels AIR, RMS et EQE appliquées au portefeuille d'AXA France (source : AXA). .....	- 63 -
Figure 1-15 : Graphique montrant les courbes d'AEP pour l'aléa Tempête 2012 des logiciels AIR, RMS et EQE appliquées au portefeuille d'AXA France (source : AXA). .....	- 63 -
Figure 1-16 : Exemple d'une courbe de dommage utilisée par ces modèles (en théorie) avec la représentation des incertitudes sur la valeur des dommages. ....	- 65 -

Figure 1-17 : Les trajectoires de tempêtes utilisées dans le modèles RMS pour la création du jeu d'aléa. En rouge, figurent les dommages générés par la tempête Klaus.....	66 -
Figure 1-18 : Processus cible dont l'ambition vise à la continuité des engagements de service pendant la période de crise.....	67 -
Figure 1-19 : Exemple de la mobilisation d'AXA dans la gestion d'un événement d'ampleur : la tempête Klaus de 2009 (chiffres : AXA).....	69 -
Figure 1-20 : Exemple de la cadence de gestion de la sinistralité en termes d'ouverture de sinistres, de la charge de l'événement et du règlement de ces sinistres lors de la tempête Klaus survenue en 2009... -	70 -
Figure 2-1 : Classification des dommages (Messner F. et Meyer V., 2007).....	79 -
Figure 2-2 : Diagramme de traitement de l'information pour l'analyse de l'exposition à l'aléa inondation, à l'appréciation des dommages (D'après Chemitte, 2008). ....	95 -
Figure 2-3 : Extrait d'un Atlas des Zones Inondables (source : DIREN Rhône-Alpes).....	97 -
Figure 2-4 : Extrait d'un plan de zonage réglementaire d'un PPR d'une commune à risque (Créteil, Val de Marne).....	98 -
Figure 2-5 : Exemple de courbes d'endommagement produites à partir de l'analyse des dommages (bâti) (D'après Leone et al., 2006). A : niveau d'endommagement moyen ; B : intensité moyenne des dommages ; C : % de destruction totale ; D : % de pertes humaines en fonction des % de destruction totale.....	99 -
Figure 2-6 : Imprécisions combinées du modèle numérique de terrain (1m) et du modèle hydraulique (50 cm) pour une entreprise estimée exposée à 75 cm d'eau pour un scénario donné : selon le cas, l'entreprise se trouve dans une hauteur d'eau comprise entre 1,25m et 2,25m ou 25 cm hors d'eau (Mengual, 2005).....	100 -
Figure 2-7 : Représentation des différents modes de pénétration de l'eau dans un espace en sous-sol... ..	107 -
Figure 2-8 : Illustration du niveau de référence à prendre en compte pour le calcul de la hauteur d'eau dans un bâtiment.....	107 -
Figure 2-9 : Typologie de l'habitat dans le Val nantais selon le degré de vulnérabilité (D'après Jousseau et Mercier, 2008).....	108 -
Figure 2-10 : Exemple des différentes courbes de dommage développées dans différents pays (Swiss Re, 1999).....	117 -
Figure 2-11 : Vulnérabilité aux sinistres : contenu d'une habitation. Analyse des sinistres dans une ville de petite taille en Suisse (Swiss Re, 1999).....	118 -
Figure 2-12 : Essai de détermination d'un sinistre maximum possible concernant le coût des inondations pour AXA France. ....	119 -
Figure 2-13 : Illustration de la visualisation des résultats du modèle MDSF sous SIG. (Extrait de Karamahmut, 2006).....	122 -
Figure 3-1: Illustration d'une courbe de probabilités de dommages (floodsite, 2009). ....	135 -
Figure 3-2 : Démarche générale pour la modélisation des risques naturels. ....	136 -
Figure 3-3 : Exemples des domaines d'application des SIG. (Source : Rhode, 2007). ....	139 -
Figure 3-4 : Démarche de modélisation du risque à grande échelle.....	141 -
Figure 3-5 : Zoom sur le module "enjeux".....	144 -
Figure 3-6 : Zoom sur le module Aléa. ....	147 -

Figure 3-7 : L'atlas des zones inondables sur le territoire France métropolitaine (source : MEDTL). ....	- 148 -
Figure 3-8 : Zoom sur le module exposition. ....	- 149 -
Figure 3-9 : Nombre de contrats MRH exposés aux inondations (en millier).....	- 150 -
Figure 3-10 : Démarche d'estimation de l'exposition du portefeuille MRH au risque inondation. -	151 -
Figure 3-11 : Illustration du passage de l'échelle communale à l'échelle sub-communale via le recours à l'information occupation du sol extraite de la BD CLC. Les zones grises correspondent aux espaces communaux contenant la totalité des contrats MRH.....	- 152 -
Figure 3-12: Représentation des différents traitements menant à la création de l'indice d'écoulement FLOWACC. À gauche est représenté le code pour le sens des écoulements et à droite un exemple de résultat des calculs d'accumulation (source : ESRI).....	- 164 -
Figure 3-13 : La localisation des sinistres lors des inondations du Gard les 8 et 9 septembre 2002 selon leur niveau de géolocalisation (N0 : géocodage à l'adresse, N4 géocodage à l'îlot, N5 géocodage à la voie, N6 géocodage au centre de la commune).....	- 166 -
Figure 3-14 : Variation de la charge sinistre selon le montant des capitaux assurés et le type d'habitation. ....	- 168 -
Figure 3-15 : Variation de la charge sinistre selon le montant des capitaux assurés et le type de propriétaire et d'occupant. ....	- 169 -
Figure 3-16 : Essai d'élaboration des courbes de dommage induit par les inondations du Gard en 2002.....	- 171 -
Figure 3-17 : Différence générée par un géocodage à la "boite aux lettres" avec le positionnement exact du bâtiment (extrait de la BD TOPO et de la BD Adresse de l'IGN).....	- 172 -
Figure 3-18 : Charge sinistre moyenne observée par tranche de capitaux assurés.....	- 176 -
Figure 3-19 : Taux de destruction en fonction de la suppression.....	- 178 -
Figure 3-20 : Cartographie des sinistres AZF supérieurs à 1 000 € (Google Earth). ....	- 179 -
Figure 3-21 : Cartographie des affaires sur le quartier de la Défense supérieure à 10M€ (Google Earth).....	- 183 -
Figure 3-22 : Cartographie du scénario QIS 5 majorant. Les pastilles figurent les affaires assurées par AXA supérieures à 10 M€.....	- 186 -
Figure 3-23 : Cartographie du scénario AXA France majorant. Les pastilles représentent les affaires assurées par AXA supérieures à 10 M€. ....	- 188 -
Figure 3-24 : Structure de réassurance 2011 Conflagration d'AXA France.....	- 189 -
Figure 3-25 : Structures de réassurance 2011 Terrorisme d'AXA France.....	- 190 -
Figure 4-1 : Modélisation déterministe VS modélisation probabiliste des risques naturels (Chemitte, 2009).....	- 198 -
Figure 4-2 : Vers une démarche pour l'élaboration d'un modèle de risque pour les assurances. ....	- 198 -
Figure 4-3 : Approche « métier » pour la modélisation de l'exposition d'un portefeuille d'assurés face à un risque catastrophique.....	- 199 -
Figure 4-4 : Schéma du processus décisionnel menant au déclenchement de la modélisation. ....	- 201 -
Figure 4-5 : Choix des variables explicatives du modèle de fréquence. ....	- 212 -
Figure 4-6 : Choix des variables explicatives du modèle de coût. ....	- 213 -
Figure 4-7 : Résidus de Pearson du modèle de fréquence.....	- 219 -
Figure 4-8 : Résidus de Pearson du modèle de coût.....	- 219 -

Figure 4-9 : Positionnement du coût moyen au niveau d'un échantillon défini par le croisement de trois variables (Nombre de pièces, Hauteur d'eau, Type d'habitation).....	221 -
Figure 4-10 : Positionnement du coût moyen au niveau d'un échantillon défini par le croisement de deux variables (Nombre de pièces, Hauteur d'eau).....	221 -
Figure 4-11 : Aperçu de la sinistralité sécheresse pour AXA France pour l'exercice 2003. ....	223 -
Figure 4-12 : Répartition du réseau de stations météorologiques alimentant la base de données de l'ECAD.....	226 -
Figure 4-13 : Cartographie de la couverture du zonage Aléa retrait gonflement des Argiles (données : BRGM ; vision 12/2009).....	227 -
Figure 4-14 : Cartographie des communes ayant fait l'objet d'arrêtés CATNAT sécheresse. (Sources : BD GASPARD, MEDTL, BRGM).....	227 -
Figure 5-1 : Exemple d'un bulletin CatNat émis par Ubyrisk. ....	248 -
Figure 5-2 : Exemple de visualisation des données proposée par Météo France (source : Météo France).....	250 -
Figure 5-3 : Exemple de prévisions détaillées à la commune fournies par Météo France (Source : Météo France). ....	250 -
Figure 5-4 : Les principales étapes pour l'adressage du message d'alerte de Météo France à AXA (Source : Météo France). ....	251 -
Figure 5-5 : Extrait du bulletin d'alerte délivré à 15h00 par Predict Services lors de l'inondation du Var le 15 juin 2010.....	254
Figure 5-6 : Exemples de bulletins d'informations relatifs à l'événement XYNTHIA diffusés pendant (le 28/02/10 à 12h00) et immédiatement après (le 01/03/10 à 22h00). (Source : Saretec). ....	259 -
Figure 5-7 : Bulletin de prévision et d'alerte du 12 juillet 2011 à 9h20 envoyé par Saretec à AXA France. ....	262 -
Figure 5-8 : Sinistralité Grêle observée le 12 juillet 2011 sur le portefeuille dommage aux biens à gauche en nombre de sinistres et à droite en charge (Vision septembre 2011).....	263 -
Figure 5-9 : Communiqué de Météo-France présentant les valeurs instantanées maximales de vent pour la tempête du 25 au 26 décembre 1999.....	268 -
Figure 5-10 : Exemple de l'utilisation des données de Météo France pour la création d'une couche de vents spatialisée.....	268 -
Figure 5-11 : Représentation du potentiel éolien en France métropolitaine (d'après l'ADEME, 2009).....	270 -
Figure 5-12: Indicateur d'exposition aux tempêtes (source : Nathan, Munich Re). ....	271 -
Figure 5-13 : Cartographies des vitesses de vent maximales observées lors des tempêtes de 1999, 2009 et 2010 (source : Météo France) et de la sinistralité observée sur le portefeuille MRH PM.....	273 -
Figure 5-14 : Cartes des vents publiées par Aon Benfield (à droite) et par Météo France (à gauche).....	285 -
Figure 5-15 : Vitesse des vents relevée lors de la tempête Herta (Météo-France). ....	286 -
Figure 5-16 : Eléments de positionnement de la sinistralité attendue pour la tempête Herta. ....	287 -
Figure 6-1 : Illustration du choix des données aléa.....	296 -
Figure 6-2 : Illustration d'un contrat MRH (Maisons) non sinistré, situé au cœur d'une zone inondable (avec une hauteur d'eau définie à environ 1M) (image : application Street View de Google Map).....	306 -

Figure 6-3 : Sinistralité du portefeuille MRH de type "Maison" lors des inondations de 2002 dans le Gard.....- 308 -

Figure 6-4 : Exemple de deux contrats en portefeuille de part et d'autre d'une rue dont l'un est sinistré et l'autre non (Commune de Bedarrides). ....- 317 -

Figure 6-5 : Exemple de deux contrats distincts de 85 m ; l'un non sinistré (1er) et l'autre sinistré (2nd) (Commune de Nîmes).....- 318 -

Figure 6-6 : Cartographie des contrats MRH type maisons (vision 31/12/2003) lors de la crue du Rhône en 2003 (représentée en bleu, les points représentent les contrats non sinistrés).....- 320 -

Figure 6-7 : Représentation du nombre de déclarations en état de Catastrophe Naturelle par commune (Inondation, Ruissellement et Coulée de boues) (source : GASPAR). ....- 327 -

Figure 6-8 : Répartition de la sinistralité Entreprise sur le territoire national et selon le découpage en régions AXA. ....- 334 -

## Liste des Tableaux

Tableau 0-1 : Nombre de catastrophes survenues dans le monde durant les six premiers mois de l'année 2011 (source : Munich Re, 2011).....	- 16 -
Tableau 0-2 : Zoom sur les 5 plus grandes catastrophes enregistrées sur le premier semestre 2011 (source : Munich Re, 2011).....	- 16 -
Tableau 1-1 : Résultats en milliards d'euros des sociétés dommage (source : FFSA, 2010). ....	- 35 -
Tableau 2-1 : Première segmentation de la vulnérabilité selon sa classe, ses éléments et ses indicateurs (inspirée de Leone, 2007 et Vinet, 2007). ....	- 82 -
Tableau 2-2 : Hiérarchisation des facteurs discriminants de l'aléa inondation selon le type de crue.....	- 105 -
Tableau 2-3 : Les principaux processus de dégradation avec quelques exemples de conséquences intervenants lors d'une inondation sur un bâtiment (DGUHC, 2005).....	- 112 -
Tableau 2-4 : Exemple d'une application de l'évaluation économique des dommages dus aux inondations (Bceom, 2005). Les chiffres reflètent des coûts surfaciques exprimés en €/m <sup>2</sup> . ....	- 115 -
Tableau 3-1 : Exemple de quelques indicateurs intéressants pour améliorer la connaissance des risques.....	- 134 -
Tableau 3-2 : Etat du géocodage du portefeuille DAB NA (Dommage Aux Biens Non Automobile) d'AXA France Solutions.....	- 145 -
Tableau 3-3 : Incertitudes planimétriques inhérentes aux différents niveaux de géocodage (Statistiques Munich Re).....	- 146 -
Tableau 3-4 : Quelques éléments de comparaison pour l'analyse de la concentration des risques en zone inondable.....	- 152 -
Tableau 3-5 : Comparaison de l'exposition au risque inondation attendue et observée. ....	- 153 -
Tableau 3-6 : Etat du géocodage des affaires nouvelles (contrats souscrits après le 31/12/2006)..	- 154 -
Tableau 3-7 : Part du portefeuille AN en zone inondable.....	- 154 -
Tableau 3-8 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon le type d'habitation.....	- 154 -
Tableau 3-9 : AN type « Maison » en zone inondable selon l'année de souscription et la variable CDRESID distinguant les résidences principales des secondaires.....	- 155 -
Tableau 3-10 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription.....	- 155 -
Tableau 3-11 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et le type d'habitation.....	- 156 -
Tableau 3-12 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable CDRESID. Zoom sur le périmètre « Maison » (cdhabit='M'). ....	- 156 -
Tableau 3-13 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable propriétaire. Zoom sur le périmètre « Maison » (cdhabit='M'). ....	- 157 -
Tableau 3-14 : Part du portefeuille AN en zone inondable selon l'année de souscription et la variable propriétaire. Zoom sur le périmètre « Appartement » (cdhabit='A'). ....	- 157 -
Tableau 3-15 : Exemple de l'exposition du portefeuille MRH des 25 agents AXA les plus exposés à l'aléa inondation.....	- 159 -

Tableau 3-16 : Probabilité d'occurrence des sinistres hors zone inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.....	- 166 -
Tableau 3-17 : Probabilité d'occurrence des sinistres en zone inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse.....	- 167 -
Tableau 3-18 : Répartition de la charge sinistre en zone inondable pour les contrats MRH lors de la crue de 2002. ....	- 167 -
Tableau 3-19 : Répartition de la charge sinistre hors zone inondable pour les contrats MRH lors de la crue de 2002. ....	- 168 -
Tableau 3-20 : Variation du coût moyen des sinistres (en €) selon la hauteur d'eau (en m) (CH Moy = Charge Moyenne observée).....	- 169 -
Tableau 3-21 : Influence de l'occupation du sol sur la sinistralité. ....	- 170 -
Tableau 3-22 : Variation du coût moyen des sinistres (€) selon la hauteur d'eau (en m) et le type d'habitation. ....	- 170 -
Tableau 3-23 : Vision de la sinistralité pour AXA de l'événement. ....	- 175 -
Tableau 3-24 : Principaux résultats du modèle. ....	- 178 -
Tableau 3-25 : Courbe de destruction employée pour le scénario explosion retenu. ....	- 180 -
Tableau 3-26 : Etat du géocodage des affaires localisées à la Défense à la fin du processus mis en place. ....	- 182 -
Tableau 3-27 : Résultats de la modélisation du scénario Attentat selon les préconisations du QIS 5 et selon le modèle proposé par AXA France.....	- 185 -
Tableau 3-28 : Résultat majorant pour le scénario AXA. ....	- 186 -
Tableau 3-29 : Estimation finale de la charge maximale avec la répartition des affaires mal géocodées. ....	- 187 -
Tableau 3-30 : Estimation finale de la charge maximale avec la répartition des affaires non géocodées. ....	- 187 -
Tableau 3-31 : Estimation du coût final du scénario majorant pour AXA France par le modèle interne. ....	- 187 -
Tableau 3-32 : Sinistres maximum probables par période de retour pour le terrorisme risque de masse et conflagration.....	- 191 -
Tableau 3-33 : Sinistres maximum probables par période de retour pour le terrorisme risque lourd. ....	- 192 -
Tableau 4-1 : Exemple de quelques indicateurs intéressants pour améliorer la connaissance du risque. .	- 209 -
Tableau 4-2 : Paramètres du MLG déterminés d'après l'inondation du Gard en 2002. ....	- 215 -
Tableau 4-3 : Comparaison du coût moyen selon l'occupation de l'habitation lors de la crue du Gard en 2002.....	- 218 -
Tableau 4-4 : Paramètres du MLG déterminés à partir de l'événement sécheresse de 2003.....	- 230 -
Tableau 4-5 : Répartition des communes au sein de la modalité population inférieure à 1000. ....	- 231 -
Tableau 4-6 : Résultats de l'estimation de la sinistralité sécheresse pour l'exercice 2009 par le modèle proposé. ....	- 233 -
Tableau 5-1 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services à 9h15, 10h30 et 12h00.....	- 255 -

Tableau 5-2 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services à 13h30, 15h00 et 16h45.....	- 255 -
Tableau 5-3 : Sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services 24h après l'événement.....	- 256 -
Tableau 5-4 : Part de la sinistralité observée sur les communes visées par Predict Services.....	- 256 -
Tableau 5-5 : Mise en perspective des événements considérés par Saretec avec la sinistralité climatique observée sur le portefeuille DAB d'AXA France pour l'exercice 2010.....	- 260 -
Tableau 5-6 : Mise en perspective des événements majeurs définis par SARETEC selon la sinistralité climatique d'AXA France IARD sur l'exercice 2010. ....	- 261 -
Tableau 5-7 : Récupération des informations contrats MRH et MRH PM. ....	- 272 -
Tableau 5-8 : Statistiques descriptives de la sinistralité MRH PM par tempête et selon les vitesses de vent fournies par Météo France.....	- 273 -
Tableau 5-9 : Sinistralité globale observée selon les vitesses de vent et la ruralité. ....	- 274 -
Tableau 5-10 : Sinistralité globale observée selon les vitesses de vent et le potentiel éolien. ....	- 275 -
Tableau 5-11 : Sinistralité globale (MRH PM) observée lors des quatre tempêtes selon les vitesses de vent et l'indice tempête (Münich Re). ....	- 277 -
Tableau 5-12 : Reconstitution des événements tempêtes selon les indicateurs décrits présentés. ...	- 279 -
Tableau 5-13 : Coefficients du GLM pour le périmètre MRH total.....	- 282 -
Tableau 5-14 : Coefficients du GLM pour le périmètre MRH PM.....	- 283 -
Tableau 5-15 : Application des coefficients déterminés à la reconstitution de la sinistralité tempête (en haut : périmètre MRH, en bas : MRH PM). ....	- 283 -
Tableau 5-16 : Résultats de la reconstitution (périmètre MRH total). ....	- 284 -
Tableau 5-17 : Résultats de la reconstitution (périmètre MRH PM).....	- 284 -
Tableau 5-18 : Résultats du modèle selon la carte des vents et le périmètre d'analyse.....	- 285 -
Tableau 5-19 : Superficie (km <sup>2</sup> ) des territoires selon la vitesse des vents.....	- 286 -
Tableau 5-20 : Estimation du coût 2011 de la tempête Herta. ....	- 288 -
Tableau 6-1 : Probabilité d'occurrence des sinistres Hors Zone Inondable pour les contrats MRH géocodés à l'adresse. ....	- 305 -
Tableau 6-2 : Probabilité d'occurrence des sinistres pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés En Zone Inondée. ....	- 306 -
Tableau 6-3 : Zoom sur les communes inondées en totalité lors des inondations de septembre 2002.....	- 313 -
Tableau 6-4 : Probabilité d'occurrence des sinistres localisés hors de la zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse. ....	- 319 -
Tableau 6-5 : Probabilité d'occurrence des sinistres localisés dans la zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse. ....	- 319 -
Tableau 6-6 : Répartition de la charge sinistre pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés hors zone inondée lors de la crue éclair 2002.....	- 321 -
Tableau 6-7: Répartition de la charge sinistre pour les contrats MRH géocodés à l'adresse et situés en zone inondée lors de la crue éclair 2002. ....	- 321 -
Tableau 6-8 : Répartition de la charge sinistres hors zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse lors de la crue de 2003. ....	- 322 -

---

Tableau 6-9 : Répartition de la charge sinistres en zone inondée pour les contrats MRH géocodés à l'adresse lors de la crue de 2003. ....	- 322 -
Tableau 6-10: Récapitulatif des principaux enseignements obtenus par les retours d'expérience. .-	323 -
Tableau 6-11 : Sinistralité inondation du portefeuille MRH pour la fenêtre 2003-2009. ....	- 325 -
Tableau 6-12 : Répartition de la sinistralité inondation observée entre 2000 et 2004 pour le segment MRH "Maison" selon le nombre d'arrêts CatNat pris sur la même période. ....	- 329 -
Tableau 6-13 : Répartition de la sinistralité inondation observée entre 2005-2010 selon la segmentation opérée sur la période 2000-2004. ....	- 330 -
Tableau 6-14 : Cartographie de la sinistralité historique.....	- 333 -
Tableau 6-15 : Niveau de géolocalisation des contrats MRE monosites ayant subi au moins un sinistre depuis l'année 2000.....	- 334 -
Tableau 6-16 : Part du territoire définie comme exposée aux inondations d'après les informations disponibles et fournies par les pouvoirs publics.....	- 335 -
Tableau 6-17 : Répartition de la sinistralité selon la proximité du zonage AZI et du cours d'eau le plus proche. ....	- 335 -
Tableau 6-18 : Répartition des sinistres par région et selon le seuil de vigilance mis en place par la MRN.....	- 337 -
Tableau 6-19 : Part potentielle du portefeuille MRE en zone de déclenchement du seuil d'alerte. La discrétisation a été réalisée par région AXA et correspond aux entités opérationnelles gérées de manière distincte (vision décembre 2009).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

---

## Table des Matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>- 12 -</b>
DE L'OCURENCE DES CATASTROPHES.....	- 14 -
AU NIVEAU DU DEVELOPPEMENT DES OUTILS DEDIES A L'APPREHENSION DE CES RISQUES.....	- 17 -
A L'ETAT DES PRATIQUES ACTUELLES DANS LES METIERS DE L'ASSURANCE.....	- 18 -
A L'IDEE DE LA THESE.....	- 20 -
POSITION DE RECHERCHE.....	- 22 -
STRUCTURE DU MANUSCRIT.....	- 26 -
<b>PARTIE 1 : CONTEXTES INDUSTRIEL ET THEORIQUE.....</b>	<b>- 29 -</b>
<b>CHAPITRE 1 : POINT DE VUE DE L'ASSUREUR.....</b>	<b>- 30 -</b>
1.1. L'ASSURANCE DOMMAGE EN FRANCE ET SES EVOLUTIONS LATENTES.....	- 30 -
1.1.1. <i>Rapide panorama des métiers de l'assurance.....</i>	- 30 -
1.1.1.1. Zoom sur le portefeuille MRH.....	- 32 -
1.1.1.2. Zoom sur le portefeuille dommages aux biens professionnels.....	- 32 -
1.1.1.3. Les assurances des risques d'entreprises.....	- 33 -
1.1.2. <i>Statistiques des marchés IARD des risques de particuliers et d'entreprises.....</i>	- 34 -
1.1.2.1. Zoom sur les catastrophes naturelles en France.....	- 37 -
1.1.3. <i>Les tendances futures du marché des catastrophes naturelles.....</i>	- 39 -
1.1.3.1. Du cadre législatif.....	- 39 -
1.1.3.2. De l'évolution de la sinistralité.....	- 43 -
1.1.3.3. Evolution latente et impact sur les métiers d'assureur.....	- 44 -
1.1.4. <i>Synthèse de la Directive Solvabilité II.....</i>	- 47 -
1.1.4.1. Le champ d'application.....	- 48 -
1.1.4.2. Les autorités de contrôle et règles générales.....	- 48 -
1.1.4.3. Les conditions régissant l'activité.....	- 49 -
1.1.4.4. Les règles relatives à la valorisation des actifs et des passifs, provisions techniques, fonds propres, capital de solvabilité requis, minimum de capital requis et règles d'investissement.....	- 50 -
1.2. LE SECTEUR DE LA REASSURANCE.....	- 54 -
1.2.1. <i>Rôle et place du secteur de la réassurance.....</i>	- 54 -
1.2.2. <i>Un secteur en mutation.....</i>	- 56 -
1.3. LE FINANCEMENT DES RISQUES CATASTROPHES.....	- 57 -
1.3.1. <i>Méthodes employées pour l'estimation des risques.....</i>	- 57 -
1.3.2. <i>La modélisation statistique en réassurance.....</i>	- 60 -
1.3.3. <i>Les modèles proposés sur le marché.....</i>	- 62 -
1.4. ZOOM SUR LA GESTION D'UN EVENEMENT D'AMPLEUR.....	- 67 -
1.4.1. <i>Un processus cyclique.....</i>	- 67 -
1.4.2. <i>La gestion de ces événements : un défi de taille.....</i>	- 69 -
1.4.3. <i>Les enjeux de la gestion de ces événements.....</i>	- 71 -
<i>Conclusion du premier chapitre.....</i>	- 74 -

**CHAPITRE 2 : DU POINT DE VUE DE LA GEOGRAPHIE DES RISQUES ..... - 77 -**

2.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA COMPOSANTE SPATIALE.....	- 77 -
2.2. MISE EN PERSPECTIVE DU TRIPTYQUE DOMMAGE / VULNERABILITE / PERCEPTION DU RISQUE .....	- 78 -
2.2.1. <i>Les dommages induits par les inondations</i> .....	- 79 -
2.2.2. <i>La vulnérabilité : une notion polysémique</i> .....	- 79 -
2.2.2.1. Les approches du concept de vulnérabilité.....	- 80 -
2.2.2.2. L'analyse de la vulnérabilité.....	- 82 -
2.2.2.3. Les indicateurs sur les enjeux.....	- 83 -
2.2.2.4. Les indicateurs d'exposition.....	- 84 -
2.2.2.5. Les indicateurs de susceptibilité.....	- 84 -
2.2.2.6. La perception du risque .....	- 86 -
2.2.2.7. Le lien entre vulnérabilité et perception du risque.....	- 87 -
2.2.2.8. Le lien entre vulnérabilité et dommages causés par les inondations.....	- 87 -
2.2.3. <i>Hétérogénéité des approches assurantielles : exemple de la garantie inondation</i> .....	- 88 -
2.2.3.1. Aux Etats-Unis .....	- 88 -
2.2.3.2. En Angleterre .....	- 89 -
2.2.3.3. Aux Pays Bas .....	- 90 -
2.2.3.4. En Allemagne .....	- 91 -
2.2.3.5. En République Tchèque .....	- 92 -
2.2.3.6. En France .....	- 92 -
2.3. ANGLE D'APPROCHE POUR L'EVALUATION ECONOMIQUE.....	- 94 -
2.3.1. <i>L'analyse des dommages</i> .....	- 94 -
2.3.2. <i>La partie aléa</i> .....	- 95 -
2.3.3. <i>La partie enjeux</i> .....	- 98 -
2.3.4. <i>La partie dommage</i> .....	- 99 -
2.3.5. <i>Incertitudes des données et conséquences</i> .....	- 100 -
2.4. L'EVALUATION EX ANTE DES DOMMAGES .....	- 101 -
2.4.1. <i>L'aléa et ses caractéristiques</i> .....	- 101 -
2.4.1.1. Caractéristiques hydrauliques influençant les dommages.....	- 103 -
2.4.2. <i>Les enjeux</i> .....	- 105 -
2.4.2.1. Typologie des enjeux.....	- 106 -
2.4.2.2. Le dénombrement des enjeux sur le territoire.....	- 109 -
2.4.3. <i>Le recensement des enjeux sur les territoires</i> .....	- 109 -
2.4.3.1. L'approche zonale.....	- 110 -
2.4.3.2. Approche par entité de biens homogènes .....	- 110 -
2.4.4. <i>Le cas particulier de l'entreprise</i> .....	- 112 -
2.4.4.1. Dommages directs aux bâtiments .....	- 113 -
2.4.4.2. Dommages aux stocks et aux produits finis.....	- 113 -
2.4.4.3. Dommages liés à la perte d'exploitation.....	- 113 -
2.4.4.4. Effets domino : Incendie – Explosion .....	- 114 -
2.4.5. <i>Le recours aux courbes de dommage</i> .....	- 114 -
2.4.5.1. Les fonctions de dommage.....	- 115 -
2.4.5.2. L'élaboration des courbes de dommage .....	- 116 -
2.4.6. <i>Les logiciels de calcul de l'endommagement</i> .....	- 120 -
2.4.6.1. HAZUS-MH.....	- 120 -
2.4.6.2. HEC-FDA .....	- 120 -
2.4.6.3. ESTDAM .....	- 121 -
2.4.6.4. MDSF.....	- 121 -
2.4.6.5. ANUFLOOD.....	- 122 -
2.4.6.6. FloodAUS .....	- 122 -
2.4.6.7. HIS-SSM : .....	- 123 -
2.4.7. <i>La qualité de l'information géographique</i> .....	- 124 -

---

Conclusion du deuxième chapitre .....	- 127 -
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE : .....	- 129 -
<b>PARTIE 2 : LES APPORTS DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR LA CONNAISSANCE, L'ANALYSE ET LA MODELISATION DES RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES .....</b>	<b>- 132 -</b>
<b>CHAPITRE 3 :L'APPORT DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR L'ANALYSE DES RISQUES D'UNE SOCIETE D'ASSURANCE .....</b>	<b>- 133 -</b>
3.1. L'ANALYSE DES RISQUES POUR UNE SOCIETE D'ASSURANCE .....	- 133 -
3.1.1. Démarche générale .....	- 136 -
3.1.1.1. Le recours à l'information géographique pour la gestion des risques.....	- 137 -
3.1.1.2. La géomatique pour le traitement de l'information géographique.....	- 138 -
3.1.2. L'analyse des dommages pour le secteur de l'assurance .....	- 140 -
3.2. LA MODELISATION DE L'EXPOSITION D'UN PORTEFEUILLE. ....	- 143 -
3.2.1. Le positionnement du portefeuille sur le territoire. ....	- 144 -
3.2.2. Echecs, erreurs et imprécisions de géocodage .....	- 146 -
3.2.3. Les bases de données.....	- 147 -
3.2.4. Méthodologie.....	- 148 -
3.2.5. Evaluation de l'exposition du portefeuille .....	- 149 -
3.2.6. Surveillance de portefeuille : évaluation du positionnement du portefeuille sur le marché .....	- 151 -
3.2.7. Risque de souscription : étude du positionnement des affaires nouvelles en MRH .....	- 153 -
3.2.7.1. Cartographie du portefeuille.....	- 154 -
3.2.7.2. Evolution de la souscription en zone inondable .....	- 155 -
3.2.7.3. Enseignements.....	- 158 -
3.2.7.4. Impact potentiel.....	- 158 -
3.3. L'EVALUATION DES DOMMAGES.....	- 160 -
3.3.1. Modélisation du risque financier – Application au risque inondation .....	- 160 -
3.3.1.1. Démarche .....	- 161 -
3.3.1.2. Les bases de données.....	- 161 -
3.3.1.3. Méthodologie .....	- 165 -
3.3.1.4. Résultats .....	- 165 -
3.3.1.5. Incertitudes des données et conséquences .....	- 172 -
3.3.2. Modélisation du risque financier – Application au risque explosion .....	- 173 -
3.3.2.1. Philosophie .....	- 174 -
3.3.2.2. La démarche .....	- 174 -
3.3.2.3. Le modèle.....	- 176 -
3.3.2.4. Détermination des engagements financiers (Valeur du bien assuré) .....	- 177 -
3.3.2.5. La notion de suppression.....	- 177 -
3.3.2.6. Choix du scénario d'explosion .....	- 180 -
3.3.2.7. Estimation de la vulnérabilité financière d'AXA .....	- 184 -
3.3.2.8. La gestion de la réassurance dans la détermination du coût des scénarios .....	- 188 -
3.3.2.9. Bilan de l'étude de cas.....	- 191 -
CONCLUSIONS DU TROISIEME CHAPITRE .....	- 194 -

---

**CHAPITRE 4 : VERS UNE DEMARCHE DE MODELISATION DES RISQUES POUR LE SECTEUR DE L'ASSURANCE ..... - 197 -**

4.1. PHILOSOPHIE .....	- 197 -
4.2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE .....	- 199 -
4.3. METHODOLOGIE DU MODULE DOMMAGE .....	- 203 -
4.3.1. <i>La variable à expliquer</i> .....	- 204 -
4.3.2. <i>Le choix des variables explicatives</i> .....	- 205 -
4.3.3. <i>Le choix du nombre de variables explicatives</i> .....	- 206 -
4.3.4. <i>Le choix de la fonction lien</i> .....	- 206 -
4.3.5. <i>Le choix d'une loi de probabilité de réponse Y</i> .....	- 207 -
4.3.6. <i>L'estimation des coefficients de la régression</i> .....	- 207 -
4.3.7. <i>La validation du modèle</i> .....	- 207 -
4.3.8. <i>Construction d'un intervalle de confiance</i> .....	- 208 -
4.4. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE INONDATION .....	- 209 -
4.4.1. <i>La réalisation du modèle</i> .....	- 210 -
4.4.1.1. Les variables explicatives.....	- 210 -
4.4.1.2. La fonction lien .....	- 214 -
4.4.1.3. La loi de probabilité de réponse Y.....	- 214 -
4.4.1.4. L'estimation des coefficients de la régression .....	- 214 -
4.4.1.5. Commentaires sur les résultats .....	- 216 -
4.4.1.6. La validation du modèle .....	- 218 -
4.4.1.7. Analyse des écarts entre les prédictions du modèle et les valeurs observées.....	- 220 -
4.5. EVALUATION DE LA VULNERABILITE FINANCIERE D'UN PORTEFEUILLE D'ASSURES - APPLICATION AU RISQUE « SUBSIDENCE » .....	- 222 -
4.5.1. <i>Des mécanismes de la subsidence</i> .....	- 223 -
4.5.2. <i>Démarche Scientifique</i> .....	- 224 -
4.5.3. <i>Les bases de données</i> .....	- 225 -
4.5.3.1. Les données climatiques.....	- 225 -
4.5.3.2. Les données cartographiques sur l'aléa retrait-gonflement des argiles.....	- 226 -
4.5.3.3. La base de données sinistre .....	- 228 -
4.5.4. <i>Construction et choix des variables</i> .....	- 228 -
4.5.4.1. Variables retenues .....	- 228 -
4.5.4.2. Construction du modèle.....	- 229 -
4.5.5. <i>Présentation des résultats</i> .....	- 230 -
4.5.6. <i>Déploiement du modèle sur l'exercice 2009</i> .....	- 232 -
4.5.7. <i>Conclusions et commentaires</i> .....	- 234 -
<i>Conclusion du quatrième chapitre</i> .....	- 236 -
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	- 238 -

**PARTIE 3 : ORGANISATION DE L'OFFRE DE SERVICE ET D'ASSURANCE..... 241**
**CHAPITRE 5 : L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE SERVICE : LES ATTENTES POUR L'OPTIMISATION DU PGEA.....- 242 -**

5.1. QUELQUES GENERALITES SUR LA GESTION DES EVENEMENTS D'AMPLEUR .....	- 242 -
5.2. DESCRIPTION DES ATTENTES .....	- 243 -

5.2.1.	<i>Des informations indispensables</i> .....	- 244 -
5.2.2.	<i>Les informations attendues selon la dynamique de l'événement</i> .....	- 244 -
5.2.2.1.	Hors période de crise .....	- 244 -
5.2.2.2.	Période de crise .....	- 245 -
5.2.2.3.	Détail du contenu.....	- 245 -
5.2.2.4.	Format de diffusion .....	- 246 -
5.3.	LES SOLUTIONS MARCHÉ .....	- 246 -
5.3.1.	<i>Systèmes de veille d'actualités personnalisées</i> .....	- 246 -
5.3.2.	<i>Système de surveillance climatique</i> .....	- 249 -
5.3.3.	<i>Service de prédiction</i> .....	- 252 -
5.3.3.1.	Zoom sur l'épisode du Var le 15 juin 2010 .....	- 253 -
5.3.4.	<i>Service pour le missionnement d'experts</i> .....	- 258 -
5.3.5.	<i>Les enseignements</i> .....	- 264 -
5.4.	ETUDE DE CAS : ALERTE METEOROLOGIQUE ET MODELISATION DE LA SINISTRALITE TEMPETE, CHEMIN FAISANT.....	- 265 -
5.4.1.	<i>Philosophie</i> .....	- 266 -
5.4.2.	<i>Démarche</i> .....	- 266 -
5.4.2.1.	Principale hypothèse de travail.....	- 267 -
5.4.2.2.	Les bases de données du Web .....	- 267 -
5.4.2.3.	Les bases de données contrat et sinistre.....	- 271 -
5.4.3.	<i>Statistiques descriptives par tempête</i> .....	- 272 -
5.4.4.	<i>Statistiques globales de la sinistralité tempête MRH PM</i> .....	- 274 -
5.4.5.	<i>« Méta-événement » tempête pour la reconstitution des événements</i> .....	- 278 -
5.4.6.	<i>La modélisation des tempêtes</i> .....	- 280 -
5.4.6.1.	Démarche .....	- 280 -
5.4.6.2.	Construction et choix des variables .....	- 281 -
5.4.6.3.	Résultats .....	- 282 -
5.4.6.4.	Reconstitution des événements.....	- 284 -
5.4.6.5.	Test de sensibilité aux vents .....	- 284 -
5.4.7.	<i>Reconstitution de la tempête Herta (1990)</i> .....	- 286 -
5.4.7.1.	La tempête Herta, premiers indices .....	- 286 -
5.4.7.2.	Application du modèle .....	- 287 -
5.4.8.	<i>Les enseignements</i> .....	- 288 -
	<i>Conclusions du cinquième chapitre</i> .....	- 291 -
<b>CHAPITRE 6 : L'ORGANISATION DE L'OFFRE DE L'ASSURANCE.....</b>		<b>- 294 -</b>
6.1.	POLITIQUE DE SOUSCRIPTION EN RISQUE DE MASSE .....	- 294 -
6.1.1.	<i>Stratégie pour l'intégration de variables « climatiques »</i> .....	- 295 -
6.1.2.	<i>Structure du processus</i> .....	- 295 -
6.1.3.	<i>Choix du modèle</i> .....	- 298 -
6.1.3.1.	Modèle issu d'une solution marché .....	- 298 -
6.1.3.2.	Modèle issu d'une solution commerciale. ....	- 299 -
6.1.3.3.	Modèle issu d'un développement interne .....	- 300 -
6.1.4.	<i>L'élaboration de règles de souscription</i> .....	- 300 -
6.1.4.1.	Le refus de souscription.....	- 301 -
6.1.4.2.	L'acceptation conditionnelle .....	- 302 -
6.1.4.3.	L'encadrement des garanties .....	- 302 -
6.1.4.4.	La modulation tarifaire .....	- 303 -
6.1.5.	<i>Synthèse</i> .....	- 303 -
6.2.	ANALYSE DE LA SINISTRALITE « INONDATION » OBSERVEE.....	- 305 -

---

6.2.1. Retour d'expérience des inondations de septembre 2002 dans le Gard.....	- 305 -
6.2.2. Comparaison avec la fréquence de sinistres observée lors des inondations de décembre 2003 sur le Rhône.....	- 319 -
6.2.3. Présentation de la répartition de la charge sinistre observée lors des inondations de septembre 2002 dans le Gard et de décembre 2003 sur la partie aval du Rhône.....	- 321 -
6.2.4. Des enseignements pragmatiques de l'assurance du risque inondation.....	- 322 -
6.2.5. Eléments pour l'organisation de l'offre d'assurance inondation à destination de la branche MRH.....	- 324 -
6.2.6. Des enseignements théoriques de l'assurance du risque inondation.....	- 325 -
6.2.6.1. Méthodologie .....	- 328 -
6.3. L'ORGANISATION DE L'OFFRE D'ASSURANCE : CREATION DE LA GARANTIE INONDATION HORS CATASTROPHE NATURELLE DE LA BRANCHE ENTREPRISE.....	- 332 -
6.3.1. Philosophie.....	- 332 -
6.3.2. Analyse de la sinistralité historique en risque d'entreprise.....	- 333 -
6.3.3. Le processus de souscription.....	- 338 -
Conclusions du sixième chapitre.....	- 341 -
CONCLUSIONS DE LA TROISIEME PARTIE.....	- 343 -
<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>- 345 -</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>- 349 -</b>

## Contribution de l'information géographique aux métiers de l'assurance pour la gestion des événements d'ampleur

**RESUME :** L'usage de l'information géographique par une société d'assurance se révèle être un précieux atout dans un marché mature et perturbé par d'incessants événements d'ampleur. L'angle d'approche adopté vise à montrer que l'intérêt de son emploi se décline à tous les niveaux de la chaîne de valeur assurantielle (souscription, gestion de sinistre, cumul de risque, réassurance). Nous montrons que le recours à l'information géographique et à ses techniques associées ouvre de multiples voies de développement des métiers de l'assurance. La première vise à estimer le coût d'un événement extrême pour répondre aux exigences imposées par la législation (Solvabilité 2) et offrir des éléments de réflexion quant au dimensionnement des protections financières. La deuxième vise au renforcement de l'offre de protection contre les risques naturels, là où le régime CatNat trouve ses limites et n'intervient pas. Il s'agit de créer des produits d'assurance complémentaires et innovants agissant aux contours d'un système parfois flou et lacunaire. La troisième s'inscrit dans une perspective d'accompagnement des assurés en les informant des risques latents auxquels ils sont soumis, en leur prodiguant des conseils en matière de prévention face à des risques bien souvent sous estimés et ne recevant généralement pas toute l'attention et de facto, la préparation qui leurs sont dues.

**Mots clés :** Risques naturels, risques technologiques, assurance, réassurance, information géographique, système d'information géographique, modélisation, analyse des risques

**ABSTRACT :** The use of geographical information by an insurance company appears to be a valuable asset in a mature business disturbed by ceaseless extreme events. The chosen approach aims to show the usefulness of this specific information at all levels of the insurance chain value (underwriting, claims management, cumulative risk and reinsurance). We show that the use of geographic information and its associated techniques opens up many development paths for the insurance industry. The first one is to estimate the cost of an extreme event to meet the requirements imposed by legislator (Solvency 2) and offer some thoughts about the need of financial protection. The second aims at strengthening the level of protection against natural hazards, where the insurance scheme is limited by CatNat's law and is not involved. This consists in creating additional and innovative insurance products acting in a vague and sometimes incomplete system. The third is part of a policyholders accompanying perspective by informing them of the latent risks to which they are subjected, furthermore providing them preventive advice against risks which are often underestimated and usually do not benefit from attention and de facto, the way to prepare for them.

**Keywords:** Natural risks, Man-Made Risk, insurance, geographical, risk analysis, GIS, modelisation