



**HAL**  
open science

## Characterize the vulnerability of households to flooding: towards a self-diagnostic tool

Audrey Aviotti

► **To cite this version:**

Audrey Aviotti. Characterize the vulnerability of households to flooding: towards a self-diagnostic tool. Architecture, aménagement de l'espace. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2011. Français. NNT : 2011ENMMP0081 . pastel-00687154

**HAL Id: pastel-00687154**

**<https://pastel.hal.science/pastel-00687154>**

Submitted on 12 Apr 2012

**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.

École doctorale n° 432 : Sciences et Métiers de l'ingénieur

## **Doctorat ParisTech**

# **T H È S E**

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*

**Audrey AVIOTTI**

le 16 Décembre 2011

**Contribution à la caractérisation de la vulnérabilité  
de l'habitat individuel face à l'inondation.**

**Vers un outil d'autodiagnostic**

Directeur de thèse : **Franck GUARNIERI**

### **Jury**

<b>M<sup>me</sup> Sophie SAUVAGNARGUES</b> , Maître Assistant HDR, Enseignant chercheur au LGEI à l'École des Mines d'Alès	Rapporteur
<b>M. Freddy VINET</b> , Professeur au laboratoire GESTER à l'Université Paul Valéry Montpellier III	Rapporteur
<b>M. Tullio TANZI</b> , Professeur, Télécom ParisTech	Examineur
<b>M<sup>me</sup> Bénédicte CHALON-MIGNOT</b> , Responsable de produits à la Direction Technique Produits de la MAAF	Examinatrice
<b>M<sup>me</sup> Catherine SZTAL KUTAS</b> , Directrice Générale de Calyxis – Pôle d'expertise du risque à Niort	Examinatrice
<b>M. Franck GUARNIERI</b> , Directeur du CRC de Mines ParisTech	Directeur de thèse



## REMERCIEMENTS

La rédaction de ce mémoire est l'aboutissement de près de quatre années d'étude réalisées en contrat CIFRE au sein de Calyxis<sup>1</sup> et en coordination avec l'Ecole des Mines de Paris et plus précisément le laboratoire du Centre de Recherche des Risques et des Crises (CRC) situé à Sophia-Antipolis.

Ce n'est pas la tâche la plus facile que de trouver les mots justes, tout en n'oubliant personne, pour exprimer toute ma gratitude à ceux m'ayant accompagné de près ou de loin durant ces années.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Catherine SZTAL-KUTAS, directrice de Calyxis<sup>1</sup> et à Franck GUARNIERI, mon directeur de thèse, pour m'avoir confié cette étude et pour m'avoir soutenu tout au long de ce parcours. Plus particulièrement, merci à Catherine pour le soutien logistique et moral et pour sa confiance, merci à Franck pour sa disponibilité, sa patience et la qualité de ses conseils.

Je tiens à remercier Madame Sophie SAUVAGNARGUES et Monsieur Freddy VINET pour avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse et Madame Bénédicte CHALON-MIGNOT et Monsieur Tullio TANZI pour l'honneur qu'ils m'accordent par leur présence dans le jury.

Je souhaite exprimer le plaisir que j'ai eu à travailler et à échanger avec les représentants des mutuelles d'assurances. Merci à Monsieur Jean Marc GAUVIN de la MAAF, merci également à Mesdames Catherine LEGUEN et Dominique LAIDET de la MAIF sans oublier, pour leur concours précieux Monsieur BALMES et Monsieur PERRON, respectivement expert de la MAIF et de la MAAF dont les avis ont grandement alimentés mes réflexions.

Merci encore à l'équipe de Calyxis pour l'ambiance et le soutien au jour le jour. Plus particulièrement, merci à Anthony SIEUW, chargé d'études statistiques, pour l'aide apportée en la matière et aux stagiaires Cécile BRAULT et Charline PESTOURIE pour leur contribution.

Mes remerciements vont encore à l'adresse de Monsieur LACROIX, directeur du service prévention des risques de la ville de Niort (79), Monsieur GAURON, chef de service du Système d'Information Géographique (SIG) du conseil général des Deux Sèvres, à Monsieur FAYE et Madame BOURGUEMESTRE du Ministère de l'Ecologie, du Développement

---

<sup>1</sup> Calyxis : de statut Association loi 1901, pôle d'expertise du risque, localisé à Niort, créé en 2007 par les fondateurs du Centre Européen de Prévention des Risques (CEPR) que sont les Mutuelles d'Assurance Niortaises, les Collectivités locales et l'Université.

Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) pour leurs actions et points de vue, à Monsieur SALAGNAC du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), sans oublier toute l'équipe des thésards et des chercheurs du laboratoire de Sophia Antipolis : Adrien, Arnaud, Guénolé, Jonathan, Valérie, Aldo et tous ceux dont je n'ai pas cité le nom.

Je souhaite remercier Monsieur NUSSBAUM de la Mission Risques Naturels (MRN) et d'autre part, l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT) qui m'a permis d'effectuer cette thèse CIFRE dans des conditions idéales.

Je remercie également Sue TAPSEL et Dennis PAKER du Flood Hazard Research Center (FHRC) de l'Université du Middlesex pour avoir consacré du temps à répondre à mes questions relative à la problématique de la réduction de la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation en Angleterre.

Merci également à l'équipe de la société privée Landmark Information Group pour avoir pris le temps de répondre à mes questions concernant leurs services (ex : Homecheck).

Enfin, je réserve mes pensées affectueuses à mes proches et amis qui n'ont jamais douté et qui m'ont donné tout le réconfort et infusé tout le courage possible quand il y en avait besoin.

## TABLE DES MATIERES

DE L'IDEE DE LA THESE.....	7
PARTIE 1: Pourquoi réduire la Vulnérabilité de l'habitat des particuliers situé en zone inondable ? .....	17
CHAPITRE 1 - Etat des lieux de l'habitat individuel en France.....	17
1.1    L'habitat individuel, essai de définition .....	18
1.1.1    Etymologie des mots : « Habitat » et « Maison » .....	19
1.1.2    Approche géographique .....	19
1.1.3    Approches anthropologique et sociologique .....	20
1.1.4    Approche architecturale .....	20
1.2    L'habitat individuel, un héritage architectural .....	21
1.2.1    De l'« habitat traditionnel » construit et adapté au milieu physique .....	22
1.2.2    ... à l'« habitat industrialisé », grand consommateur d'espace .....	24
1.2.3    ... vers quelle évolution de l'habitat individuel aujourd'hui ?.....	26
1.3    L'habitat individuel, vu comme un enjeu.....	30
1.3.1    Quel portrait de l'habitat individuel en France ?.....	30
1.3.2    Un objet d'usage à forte valeur sentimentale et économique.....	34
1.4    L'habitat individuel, un enjeu exposé aux inondations .....	37
1.4.1    Exposition de l'habitat individuel aux inondations en France .....	38
1.4.2    Etat des dommages structurels, matériels et fonctionnels.....	38
1.4.3    Entre effets sur la santé des particuliers et circonstance des décès.....	42
1.4.4    Vers des dommages difficilement supportables pour les particuliers .....	45
Conclusion.....	49
CHAPITRE 2 - La réduction de la vulnérabilité de l'habitat existant adossée a la politique publique de prévention.....	51
2.1    Approche institutionnelle de la réduction de la vulnérabilité de l'habitat existant ...	52
2.1.1    Historique des procédures d'urbanisme (PSS, R111-3, POS, PER).....	52
2.1.2    Le PPR, outil de prévention remis en cause.....	57
2.2    Le diagnostic de vulnérabilité, partie prenante de la mitigation.....	65
2.2.1    La mitigation comme solution à la réduction de la vulnérabilité.....	66
2.2.2    L'émergence du diagnostic comme moyen préalable à l'action .....	75
2.3    Etat des lieux des acteurs, données et outils fondés sur la démarche de l'appréciation de la vulnérabilité dans le secteur Public / Privé.....	79
2.3.1    Etat des lieux dans le secteur public.....	80

2.3.2	Méthodes et outils développés dans le domaine de la recherche et du développement .....	84
2.3.3	Etat des lieux dans le secteur de l'assurance.....	88
	Conclusion.....	94
	PARTIE 2 : La méthode de l'autodiagnostic comme moteur de l'action .....	97
	CHAPITRE 3 – Modélisation de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation..	99
3.1	Pourquoi et pour qui modéliser la vulnérabilité de l'habitat individuel, quels intérêts ? .....	100
3.1.1	Attentes de la profession de l'assurance.....	100
3.1.2	Attentes des collectivités locales.....	101
3.1.3	Besoins émergents des particuliers.....	103
3.2	Comment modéliser la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation ? .	107
3.2.1	Du modèle global aux modèles « pratiques » de vulnérabilité.....	108
3.2.2	Vers une typologie des dommages.....	119
3.3	Les facteurs, critères et indicateurs de vulnérabilité de l'habitat individuel .....	131
3.3.1	Analyse des facteurs de vulnérabilité à partir des dossiers sinistres de la profession de l'assurance .....	131
3.3.2	Facteurs, critères et indicateurs de vulnérabilité .....	136
	Conclusion.....	143
	CHAPITRE 4 - Conception et apports d'une méthode d'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation.....	145
4.1	Une méthode de hiérarchisation des facteurs et critères de vulnérabilité : l'analyse structurelle.....	146
4.1.1	Réalisation de la matrice Booléenne .....	146
4.1.2	Construction et analyse du Plan Influence / Dépendance .....	147
4.1.3	Conclusion de l'analyse structurelle .....	156
4.1.4	Une nouvelle modélisation de la vulnérabilité de l'habitat.....	160
4.2	Analyse des méthodes de diagnostics pour concevoir la méthode d'autodiagnostic	161
4.2.1	Les guides d'évaluation de vulnérabilité de l'habitat.....	162
4.2.2	Guide méthodologique pour diagnostiquer et réduire la vulnérabilité du bâtiment face à l'inondation.....	162
4.2.3	Diagnostic de vulnérabilité de l'habitat aux inondations, EPTB Saône Doubs	165
4.2.4	Le diagnostic des Etablissements Recevant du Public (ERP).....	166
4.3	Mise en œuvre d'une méthode d'autodiagnostic des vulnérabilités de l'habitat face à l'inondation .....	170
4.3.1	Objectifs et limites de la méthode d'autodiagnostic .....	170

4.3.2	Principe de fonctionnement du système de l’outil d’autodiagnostic.....	173
4.3.3	Un éditeur de questionnaires : l’outil COGNITEO®.....	174
4.4	Un outil informatisé articulé avec une plateforme géomatique.....	185
4.4.1	Etat des données géographiques et statistiques à mobiliser pour satisfaire les besoins de la méthode d’autodiagnostic.....	185
4.4.2	Processus d’initialisation de l’autoévaluation : appel aux fonctionnalités d’un outil géomatique.....	189
4.4.3	Illustration de l’autodiagnostic sur un support informatisé.....	191
4.5	Apports potentiels de la méthode d’autodiagnostic pour le particulier, les collectivités locales et la profession de l’assurance .....	197
4.5.1	Bénéfices et limites d’appropriation de l’autodiagnostic pour le particulier ...	197
4.5.2	Apports pour une meilleure gestion du risque inondation par les collectivités locales	198
4.5.3	Apport pour un renforcement de l’incitation à la prévention par la profession de l’assurance.....	200
4.5.4	Pour une meilleure intégration du risque inondation dans la construction et l’immobilier.....	201
	Conclusion.....	202
	Bilan et perspectives.....	203
	Annexes.....	215
	Abréviations et acronymes .....	243
	Table des illustrations.....	245
	Bibliographie.....	251



# DE L'IDEE DE LA THESE

« Tu me dis, j'oublie.  
Tu m'enseignes, je me souviens.  
Tu m'impliques, j'apprends. »  
Benjamin Franklin

## L'HABITAT INDIVIDUEL, UN ENJEU VULNERABLE FACE A L'INONDATION

En augmentation au cours de cette dernière décennie en France, les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dommageables exposant l'habitat individuel à des sinistres répétitifs dont le coût devient de plus en plus difficilement supportable pour la société et les particuliers. Marqueur d'identité, considéré dans sa fonction primaire comme un « abri » contre les agressions extérieures, l'habitat individuel a évolué au rythme des préoccupations sociales pour devenir un objet répondant à des logiques « individualiste » et « économiste ». Nous sommes passés d'un habitat traditionnel construit et adapté à son milieu, à une « prolifération » de formes et de matériaux « industrialisés » et « standardisés ». Suivant les préoccupations de la politique sociale des années 60-70 et au détriment d'une politique foncière relative à la maîtrise de l'occupation des sols, cet habitat a colonisé les zones inondables, contribuant ainsi à son exposition.

Sur la période 1999 – 2006, ce sont plus de 100 000 logements qui ont été construits en zones sujettes à l'inondation, alors que la loi n° 95-101 du 02 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement prévoyait déjà une maîtrise de l'occupation des sols en zone inondable.

La recrudescence des inondations et les conséquences socio-économiques associées témoignent de la vulnérabilité de l'habitat individuel. A caractère « exceptionnel » ou « banal », l'inondation est vécue comme une « violation de l'intimité » face à laquelle les particuliers ont souvent un sentiment d'incrédulité et d'impuissance. Le nombre de victimes, les dommages matériels, la perte de biens à forte valeur sentimentale et économique, les atteintes physiques et psychologiques sont autant de conséquences témoignant de l'extrême vulnérabilité de la société et des particuliers.

A titre d'exemple, le 15 juin 2010, des inondations torrentielles touchent le département du Var entraînant la mort de 26 personnes dont 2 disparues. 300 personnes auraient évité une mort certaine. Près de 450 personnes ont dû être relogées définitivement [IGA and al, 2010 ;

CETE Méditerranée, 2011]. Les préjudices aux biens des particuliers ont représenté 56,6% du montant total des dommages indemnisés dont le coût moyen a été estimé à 10 390 euros. Le coût des dommages assurés a été estimé à 610 millions d'euros [FFSA et GEMA, 2011].

Avant cet évènement du Var, la tempête Xynthia avait touché les régions de l'ouest de la France (Vendée et Charente Maritime) dans la nuit du 27 au 28 février 2010 provoquant une rupture de digue consécutive à un raz de marée et entraînant des dégâts matériels et humains considérables. Les autorités ont dénombré 47 victimes dont des personnes âgées et des enfants qui, pris au piège dans leur habitat, ont péri noyé [ANZIANI A., 2010 (b)].

## **UNE POLITIQUE DE PREVENTION PEU EFFICIENTE**

Face à ce constat, les efforts du législateur pour mieux gérer le risque d'inondation semblent dépassés par l'ampleur des catastrophes. Conforté dans l'idée que les mesures structurelles suffisaient pour se protéger des inondations, l'Etat a longtemps privilégié des efforts sur les aspects techniques négligeant de ce fait l'importance des facteurs socio-économiques.

Nés de la loi « Barnier » n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection du code de l'environnement, les Plans de Prévention de Risques Naturels (PPRN) se sont substitués aux anciennes procédures d'urbanisme qui ont montré leurs limites en matière de réduction de la vulnérabilité. Ce PPR renvoie, depuis la loi de modernisation de la Sécurité Civile en 2005 directement vers la problématique de gestion de crise dans l'optique d'une finalité évidente : le développement durable et responsable de notre société, autrement dit la préservation des vies humaines et de leurs biens. Le PPR renvoie également depuis le 1er juin 2006 à l'obligation d'Information des Acquéreurs et des Locataires (IAL) de biens immobiliers. Cette procédure vise à faire entrer la prévention dans la vie courante afin de rendre le citoyen acteur de la gestion du risque.

Face à ces objectifs, cet outil est jugé insatisfaisant pour apprécier la vulnérabilité de l' « existant ». Les cartes des PPR appelées « carte de vulnérabilité » sont en réalité des « cartes d'exposition » des enjeux ne prenant pas en compte les facteurs inhérents de fragilité de ces derniers [VEYRET et REGHEZZA, 2006].

Alors que l'approbation ou la prescription du PPR conditionne, en partie, l'information préventive et l'organisation des secours, il est considéré comme un « outil état » ne prenant pas en compte les spécificités locales. L'application du PPR se heurte aux réticences des acteurs locaux que sont les maires, pour qui cette procédure est une entrave au développement économique de leur commune. Prescrit afin d'éviter une modulation de la franchise, le PPR

est aujourd'hui inadéquat pour mener une véritable stratégie de réduction de la vulnérabilité auprès des particuliers.

Compte tenu d'un PPR insatisfaisant, la réduction de la vulnérabilité est « remise au goût du jour » dans l'exercice d'une « politique de mitigation » dont l'objectif majeur est de rendre plus supportable les dommages (et leurs coûts) répétés et conséquents des inondations par la société [MEDD, 2005]. Acteurs locaux, les syndicats de bassin en tant que maîtres d'ouvrage tentent d'engager des mesures concrètes de réduction de la vulnérabilité dans le cadre de logiques de projets financés par les collectivités locales, l'Etat et / ou l'Europe [MEEDDAT, 2008].

Les EPTB ont fait émerger un nouvel instrument de la politique publique : le diagnostic de vulnérabilité, comme moyen préalable à l'action. Ce dernier destiné à répondre à la politique de mitigation connaît néanmoins des limites. Réalisé par des bureaux d'études, l'outil est dit « propriétaire », la méthodologie n'est pas unique, pour cause, une dépendance vis-à-vis des bureaux d'études extérieurs et une diversité des spécificités terrains.

Les retours d'expériences soulignent également la complexité et le manque de lisibilité des dispositifs actuels au regard de la diversité des acteurs financeurs, des outils, des moyens d'action et des règles qui régissent l'obtention de crédits [MEEDDAT, 2008]. La pérennité et le déploiement du diagnostic sont remis en cause par ses modalités de financement.

Conjugué au coût de la sinistralité, le PPR, outil qui lie le secteur public et privé par l'intermédiaire du système d'indemnisation, ne remplit pas les objectifs attendus. Le PPR n'est pas un outil d'analyse de la vulnérabilité des enjeux existants. Il reste avant tout un outil d'urbanisme.

La tempête Xynthia qui a marqué la France en Février 2010 a montré la nécessité d'un suivi plus complet et partagé des événements et des mesures mises en œuvre pour faciliter la prévention mais aussi l'alerte, l'évacuation ou la protection des populations et des biens.

Face à la dispersion de l'information, l'éclatement et l'insuffisance des systèmes et notamment la cartographie des risques naturels, le secteur public et la profession de l'assurance s'expriment et se mobilisent pour créer un véritable Observatoire des risques naturels. La profession de l'assurance s'engage et participe aux côtés du secteur public dans des actions ciblées pour tenter, entre autre, d'avoir une meilleure connaissance de la vulnérabilité des enjeux sur le territoire national.

Cet observatoire serait piloté par l'Etat, en partenariat avec les assureurs (à travers la Mission Risques Naturels<sup>2</sup>) et la Caisse Centrale de Réassurance (CCR). Il aurait pour objectifs d'être une plateforme de partage des connaissances et des compétences des acteurs dans le domaine. Il permettrait également l'interopérabilité des données et la mutualisation des analyses.

Dans le secteur public, les travaux menés à ce jour concernant l'Analyse des Coûts et des Bénéfices (ACB) ont montré l'insuffisance des connaissances disponibles en matière de dommages potentiels.

De son côté, la profession de l'assurance possède des données précises relatives à la nature des dommages et à leurs coûts associés qui résultent des catastrophes naturelles depuis 1982. La Caisse Centrale de Réassurance (CCR), en tant que principal réassureur français, a développé des outils de modélisation évaluant l'exposition du portefeuille et les conséquences dommageables relatives aux risques inondation (et sécheresse) selon une période donnée. La CCR entretient, pour le moment, une certaine confidentialité quant à la mise à disposition de ses données au grand public et réserve ce service à ses cédantes (mutuelles et sociétés d'assurance). Ces données restent néanmoins agrégées et ne permettent pas d'apprécier de manière précise la vulnérabilité des risques assurés.

Dans le cadre de l'Observatoire des risques naturels, la CCR participe aux réflexions qui mènent à concevoir des fonctions d'endommagement pour le secteur de l'assurance et à réaliser des analyses coût bénéfices (ACB) pour le secteur public.

Si la profession de l'assurance s'investit directement dans des actions ciblées, les travaux les plus significatifs ont été réalisés depuis 2006 par l'intermédiaire de la Mission Risques Naturels (MRN) qui réalisent des expérimentations, des évaluations et des prototypes d'outils à destination des sociétés d'assurance. En effet, en faveur d'arguments économiques liés au coût d'acquisition ou de collecte de données et de référentiels géographiques, et d'arguments liés au territoire pour partager une vision commune de celui-ci et des phénomènes naturels, ainsi que pour articuler au mieux les niveaux d'interventions respectifs des différents acteurs, il semble pertinent que les acteurs de la gestion des risques mutualisent leurs efforts lors du

---

<sup>2</sup> Mission Risques Naturels (MRN), association de la loi 1901, émanant de la Fédération Française des Sociétés d'Assurance (FFSA) et du Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurance (GEMA) et considérée comme l'Observatoire de l'exposition des territoires face aux aléas naturels pour la connaissance et la prévention.

développement de solutions géomatiques<sup>3</sup>. Chacun a besoin des données des autres pour mieux remplir sa mission [PORNON et NOUCHER, 2007].

## **LE PARTICULIER AU CENTRE DE LA PREVENTION**

Les experts de la vulnérabilité territoriale et sociale soulignent aujourd'hui plusieurs facteurs explicatifs de l'augmentation de la vulnérabilité : l'accroissement des constructions dans les zones inondables, l'absence d'intégration du risque dans la construction (et la reconstruction), l'absence de régulation et de contrôle de la légalité mais également l'absence d'une véritable connaissance et conscience du risque par les citoyens. D'autre part, conjuguée aux lacunes de la politique en matière de réduction de la vulnérabilité, la fréquence des événements naturels, l'augmentation du coût de la sinistralité et les conséquences socio-économiques sont autant d'indicateurs qui amènent les pouvoirs publics et la profession de l'assurance à s'orienter vers une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l'habitat tout en sensibilisant et en responsabilisant le particulier.

En l'absence de moyens permettant une meilleure prise de conscience du risque par les particuliers, il n'y aura ni anticipation, ni gestion des inondations. Le peu de retours d'expériences sur les événements passés soulignent l'importance des conséquences socio-économiques et psychologiques des inondations. Conjuguée à un système d'indemnisation CatNat déresponsabilisant, la « quasi-inexistence » de cette culture du risque a été déplorée à la suite des événements de 2010. Le professeur Jean Bernard Auby a rappelé que contrairement à d'autres pays comme la Grande Bretagne où « la cartographie des risques d'inondation est mise à disposition du grand public et induit une définition collective du niveau de risque acceptable, ainsi qu'une responsabilité individuelle des acquéreurs de biens, la France en reste à une « misérable culture du secret » qui pousse les citoyens à compter sur la protection de la puissance publique pour se prémunir contre les risques » [ANZIANI, 2010 (b)].

Alors que les leviers en matière de réduction de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation sont déficitaires auprès du particulier, comment le sensibiliser et l'impliquer à réduire « sa » vulnérabilité et devenir un des acteurs de la gestion du risque ?

---

<sup>3</sup> L'Office de la langue française du Québec adopte le terme géomatique comme « la discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion ».

L'ambition de notre recherche est de réaliser un outil permettant au particulier d'être en mesure de disposer d'une meilleure connaissance du risque encouru afin d'être en capacité de mieux le gérer. L'outil envisagé doit aider le particulier à identifier les dommages potentiels pouvant affecter son habitat (et sa famille) et de ce fait favoriser une plus grande implication de ce dernier dans la prévention. Il s'agit de placer le particulier tel un médecin face à un patient (son habitat). Dans ces conditions, il doit être en mesure d'établir un diagnostic de son habitat en observant et en identifiant ses points de faiblesse (vulnérabilités) et ceci afin de se prescrire des mesures palliatives (mitigation).

L'objectif de ce travail de recherche est de réaliser un outil d'autodiagnostic permettant l'identification de la vulnérabilité, la qualification et la prescription de recommandations sur la base d'une connaissance d'« experts » dans le but de réduire la vulnérabilité de l'habitat et de son habitant face à l'inondation.

Dans un premier temps, nous nous efforcerons, pour répondre à notre problématique, de faire état de la vulnérabilité du particulier et de son habitat individuel face à l'inondation tout en précisant à travers un aperçu des instruments législatifs et réglementaires comment l'individu aujourd'hui est placé au centre de la prévention.

Puis, dans l'intention de sensibiliser le particulier, nous choisissons de le « placer en situation » d'évaluer les dommages face à un scénario d'inondation prenant en compte l'état de prévention de son environnement (collectivité locale) et de son habitat à travers un ensemble de questionnaires personnalisés à sa situation.

En résultats, une évaluation de « sa » vulnérabilité, un ensemble de recommandations et de plan d'actions lui sont proposés. Le particulier est alors en mesure de s'impliquer en tirant les enseignements nécessaires et en choisissant ou non de mettre en application les recommandations sur tout ou partie des mesures conduisant à réduire les dommages potentiels de son habitat.

Notre outil, à l'image des « Serious Game<sup>4</sup> » et compte tenu d'un certain nombre de limites à son application se veut en priorité être un outil pédagogique. L'ensemble « habitat, risques encourus et recommandations » doit aider le particulier à prendre conscience de la potentialité de l'événement mais surtout de ses conséquences. Par extension et sous conditions de

---

<sup>4</sup> « Application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement » [ALVAREZ, 2007].

multiplier l'usage de notre outil, d'en regrouper les résultats et de les analyser, il permet une meilleure connaissance de la vulnérabilité d'un territoire ou d'un ensemble de sociétés face au risque inondation.

Nos travaux de recherche se sont essentiellement concentrés sur les inondations dites « lentes » compte tenu du manque de connaissance sur la qualification des dommages de tous autres types d'inondations. Néanmoins, nous considérons qu'un certain nombre de recommandations sont applicables indépendamment du type d'inondation auquel l'habitat est exposé directement ou indirectement.

## **STRUCTURATION DU MANUSCRIT**

Ce mémoire est composé de deux parties. La première partie illustre d'une part, un contexte dans lequel l'habitat individuel est considéré comme un enjeu vulnérable face à l'inondation et d'autre part, l'existence d'instruments législatifs et réglementaires d'évaluation et de réduction de la vulnérabilité présentant des lacunes dans l'application des mesures proposées et dans leur déploiement. La seconde partie définit les besoins et traite de la phase de modélisation et de conception d'un outil d'autodiagnostic – ou diagnostic fait par soi-même - de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation.

La première partie composée de deux chapitres, se propose de cerner un contexte général où l'habitat individuel et la législation en matière de prévention face à l'inondation sont les principaux acteurs.

Le premier chapitre a pour objet de dresser l'état de l'habitat individuel en France. Il définit au travers de la recrudescence des inondations, des conséquences socio-économiques associées et finalement de l'enjeu qu'il représente, sa vulnérabilité face au risque d'inondation. La première section de ce chapitre s'essaie à dresser les contours d'une définition de l'habitat individuel à travers plusieurs approches tandis que la deuxième section consiste à faire un état du passage d'un habitat traditionnel, construit et adapté au milieu physique à un habitat « industrialisé » pour lequel les logiques constructives du passé ont été négligées. La troisième section s'attache à définir l'enjeu qu'est l'habitat à travers un aspect socio-économique. Enfin, la dernière section consiste à démontrer que l'habitat individuel des Trente Glorieuses, sans intégrer le risque inondation dans sa construction et son aménagement, est un enjeu vulnérable face à l'inondation.

Le deuxième chapitre, présente l'évolution de la politique publique de prévention en matière de réduction de la vulnérabilité et met en évidence des limites qui tendent à la rendre inefficace ou difficile à mettre en place. Il est mis en avant, dans la première section de ce chapitre, l'évolution de la prise en compte du risque au regard des préoccupations des pouvoirs publics en comparant les anciennes procédures d'urbanisme avec l'instrument « phare » des pouvoirs publics qu'est le Plan de Prévention des Risques en matière d'Inondation (PPRI). Le PPR est aujourd'hui jugé inadéquat pour mener une véritable stratégie de réduction de la vulnérabilité auprès des particuliers, la deuxième section s'efforce de montrer que la réduction de la vulnérabilité est « remise au goût du jour » dans l'exercice d'une « politique de mitigation » et l'émergence du diagnostic de vulnérabilité comme un moyen préalable à l'action de la politique de mitigation. Cette section démontre également sa remise en cause compte tenu des difficultés de financement de l'élaboration de la méthode et/ou de la mise en œuvre des mesures en résultant. La troisième section, en l'absence d'organisme dédié, fait état des acteurs ayant la connaissance des données, des outils et des compétences sur la vulnérabilité de l'habitat dans les secteurs publics et privés.

La seconde partie de ce mémoire a pour objectif de décrire le processus méthodologique et la phase d'ingénierie qui ont conduit à la mise en place d'un outil d'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation. Deux chapitres composent cette partie.

Le chapitre 3, se propose de définir une vulnérabilité « individuelle » à l'échelle MICRO en montrant sa dépendance vis à vis d'une « vulnérabilité collective » évaluée quant à elle à l'échelle MACRO. Pour cela et basé sur une connaissance de l'existant en la matière, un modèle global de vulnérabilité est défini puis décliné en modèles « pratiques » (ex : ERP, PME-PMI) pour ensuite être transposé par analogie au modèle de la « vulnérabilité de l'habitat à l'inondation ». L'analyse de ce système permet de réaliser une typologie des conséquences potentielles d'une inondation sur notre objet d'étude. Un inventaire des facteurs et des critères pouvant aggraver ou diminuer les dommages est élaboré à partir de cette typologie. L'ensemble de ces variables aide à définir la vulnérabilité globale de l'enjeu. Leur variation suivant ces deux échelles conduit à établir des profils de vulnérabilité pour lesquels des plans d'action seront définis par la suite. La première section de ce chapitre fait état des attentes des professionnels de l'assurance et des collectivités locales. De ces attentes sont mis en évidence des besoins relatifs au particulier. Ces besoins sont utilisés pour valider le périmètre du modèle « habitat et risque inondation ». Puis la deuxième section définit le modèle de la « vulnérabilité de l'habitat à l'inondation » en partant d'un modèle global de

vulnérabilité décliné en modèles « pratiques » pour ensuite réaliser une typologie des conséquences potentielles d'une inondation sur l'habitat individuel. Enfin, la troisième section s'attache à définir un inventaire de critères, facteurs et indicateurs pouvant aggraver ou diminuer les dommages. Ces derniers sont définis aux échelles de l'habitat et de la collectivité locale. L'ensemble met en évidence une « vulnérabilité individuelle » considérée comme dépendante d'une « vulnérabilité collective »

Le chapitre 4 propose, à partir d'une analyse structurelle, la mise en œuvre de la méthode d'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation tout en relevant un certain nombre de limites d'application. A cet effet, l'éditeur de diagnostic COGNITEO® a été adapté selon les besoins exprimés pour le développement de notre outil. En complément, une articulation avec une plateforme géomatique doit garantir son opérationnalité. La première section de ce présent chapitre vise à déterminer le « poids » relatif de chacun des facteurs et des critères de notre système « risque d'inondation et habitat ». Un ensemble de critères et de facteurs majeurs sont alors mis en exergue pour redéfinir notre modèle à partir duquel sera réalisé l'outil. La deuxième section s'efforce, à partir d'une analyse comparative des méthodes de diagnostics existantes, de transposer au modèle d'autodiagnostic des éléments méthodologiques. La méthode d'autodiagnostic de vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation est présentée dans la troisième section, dans laquelle est également défini le principe de fonctionnement du système et les étapes de réalisation de l'autodiagnostic à partir des fonctionnalités proposées par COGNITEO®. Une quatrième section illustre l'outil d'autodiagnostic qui a été réalisé et pour lequel une interface web a été créée afin de susciter l'intérêt des particuliers et de favoriser par ce biais son déploiement. En l'absence d'expérimentation<sup>5</sup>, la dernière section s'efforce de faire état des apports potentiels de la méthode d'autodiagnostic pouvant justifier son usage tout en précisant certaines limites à son appropriation par le particulier, les collectivités locales et la profession de l'assurance.

Ce manuscrit se termine par un « bilan et perspectives » dans lequel nous reprenons les principaux acquis de cette recherche et proposons des suites possibles à nos travaux.

---

<sup>5</sup> Faute de temps, seul un prototype de l'outil (version papier) a fait l'objet d'une série de tests d'ajustement et ceci auprès d'une trentaine de particuliers de la ville de Niort (79) mis en situation d'autodiagnostic. Nous avons délibérément choisi de ne pas présenter les résultats de cette étude dans la mesure où ces tests nous ont permis de valider la compréhension et l'agencement des questions ainsi que d'évaluer le temps nécessaire pour répondre aux questions.

Afin de valider notre modèle de vulnérabilité ainsi que le mode opératoire et fonctionnel, nous envisageons de mener une ou plusieurs expérimentations sur des territoires comme Saintes ou Rochefort.



# **PARTIE 1: POURQUOI RÉDUIRE LA VULNÉRABILITÉ DE L'HABITAT DES PARTICULIERS SITUÉ EN ZONE INONDABLE ?**

Cette première partie se propose de faire état du contexte dans lequel l'habitat individuel est considéré comme un enjeu vulnérable face au risque d'inondation. Il dresse un aperçu des instruments législatifs et réglementaires de la prévention en montrant l'évolution de la préoccupation du législateur en matière de prévention. Ceci tend vers une implication plus importante des individus comme acteurs de la gestion du risque.

## **CHAPITRE 1 ÉTAT DES LIEUX DE L'HABITAT INDIVIDUEL EN FRANCE**

Marqueur de l'intervention humaine sur l'espace, construction physique, lieu de l'intime et du domestique, souvent apparenté au milieu de vie, au logement, au domicile, l'habitat est un concept complexe et polysémique dont les définitions ne sont pas unanimes selon les auteurs, les courants de pensées et les époques.

Ce premier chapitre a pour objectif de dresser un état des lieux général de l'habitat individuel en France en tant qu'enjeu exposé aux risques d'inondations, à travers un certain nombre de questions, aide à la réflexion, tel un fil conducteur dans la construction de ce chapitre : Au-delà de l'aspect technique, quel est le rôle de l'habitat, quelles relations l'habitant entretient-il avec celui-ci ? Comment les évolutions socio-économiques et politiques de notre société ont-elles influencé les systèmes constructifs de l'habitat individuel ? Au regard de ces évolutions architecturales, n'y a-t-il pas eu une perte de mémoire collective dans les techniques et les matériaux de construction ? L'habitat actuel intègre-t-il les contraintes du milieu physique dans ses modes constructifs ? Sommes-nous contraints par le milieu physique ou bien nos techniques et méthodes de construction s'affranchissent-elles de ces dernières pour construire davantage sans se soucier des conséquences sur l'habitat, l'habitant et l'environnement ?

La première section de ce chapitre s'essaie à dresser les contours d'une définition de l'habitat individuel à travers plusieurs approches : géographique, anthropologique et sociologique puis architectural. La deuxième section consiste à faire un état de l'évolution architecturale de

l'habitat individuel en France consécutive à l'évolution des modes de vie de notre société. Il s'agit de décrire le passage d'un habitat traditionnel, construit et adapté au milieu physique à un habitat « industrialisé » et grand consommateur d'espace issu des Trente Glorieuses où les logiques constructives du passé ont été négligées. Devenu un « idéal » pour la majorité des ménages, la troisième section s'attache à dresser un portrait socio-économique de cet enjeu. Objet d'usage à forte valeur sentimentale et économique, l'habitat individuel est aujourd'hui le reflet de « logiques individualistes et économistes » qui ont conduit à le mettre en péril en zone inondable. La quatrième section s'attache enfin à démontrer que l'habitat individuel des Trente Glorieuses a été (et est encore) construit en zone inondable sans intégrer le risque inondation dans sa construction et son aménagement. L'état des conséquences socio-économiques témoigne de sa vulnérabilité.

## **1.1 L'habitat individuel, essai de définition**

Si l'on se réfère aux récentes définitions de la littérature scientifique, l'habitat correspond à un « système de relations entre des éléments architecturaux, techniques et sociaux » [FIJALKOW et LEVY, 2009] mais aussi à un « ensemble de pratiques sexuées et socialement différenciées » [SEGAUD and al, 2003]. Parmi cet ensemble se trouve l'habitation, la maison, le « chez soi », un espace domestique [STASZAK, 2001], un des lieux de l'habitat humain [LEVY et LUSSAULT, 2003].

Le logement, quant à lui, s'inscrit dans l'habitat. C'est une entité fiscale destinée à loger un ménage qui peut être propriétaire ou locataire. Il désigne un « acte fonctionnel », celui de se loger [INSEE, 2011].

Pour éviter tout contre sens et mieux représenter notre objet d'étude, il nous est apparu nécessaire de préciser ce qui pouvait être entendu par l' « habitat individuel ».

La première partie de cette section rappelle l'étymologie des mots habitat et maison. L'aspect géographique de notre objet d'étude, défini comme l'ensemble des lieux pratiqués par l'homme selon ses modes d'habiter compose la deuxième partie de cette section. La troisième partie de cette section décrit l'approche anthropologique et sociologique. La fonction première de l'habitat est celle de protection et d'abri mais il est aussi constitué de marqueurs d'identité propre à ses occupants. Enfin la quatrième et dernière partie décrit l'angle architecturale de l'habitat, désignant une forme urbaine et structurelle : individuel, collective, intermédiaire.

### **1.1.1 Étymologie des mots : « Habitat » et « Maison »**

Le mot « habitat » vient du latin « habitus », habitude et implique l'idée d'une certaine permanence, d'un lieu nécessitant le temps pour y avoir des habitudes.

Le mot « maison » vient du latin « mansion » qui vient de l'accusatif « mansionem » qui signifie « rester ». « domicile », « domestique », « domaine » sont également des dérivées du mot maison. Par contre, en anglais, « house » dont l'ancien mot est « hus » veut dire « abri » conduisant à une interprétation de protection [SIRET et RODRIGUEZ, 2006]. La maison est le cœur même de l'habitat, c'est un lieu fixe, permanent où l'on demeure et se protège des agressions extérieures.

### **1.1.2 Approche géographique**

En géographie classique, le concept renvoie à « l'ensemble et l'arrangement des habitations dans un espace donné »<sup>6</sup>. Quant à l'habitation, elle fait référence à la « description des formes des maisons en liens avec le milieu physique » [DEMANGEON, 1938].

Les géographes le définissent aujourd'hui comme étant l' « organisation spatiale des espaces de vie des individus et des groupes [...] Il est le fait d'un ensemble d'acteurs des politiques, des économistes et des particuliers ».

L'habitat n'est pas immuable, c'est un espace articulé de « lieux » pratiqués par les individus selon leur « mode d'habiter » (ex : migration pendulaire, le quotidien, etc.) [CAILLY, 2009]. « Nous habitons l'espace et c'est pour cela qu'il nous habite » [HEIDEGGER, 1954]. « Habiter » signifie que les individus et les groupes ont des pratiques spatiales et des représentations mentales qui produisent du territoire c'est-à-dire un espace investi de sens et de valeurs.

Cette notion est également à l'épreuve des situations offertes par l'espace de vie. Une nouvelle organisation et structure spatiale de l'habitat émane d'une société qui souhaite s'adapter ou prévenir certaines situations (ex : Tsunami) tirer avantages des ressources disponibles ou faire face aux contraintes du milieu physique [LUSSAULT, 2007].

Ce rapport des sociétés à l'espace aboutit à mettre en évidence des conflits d'intérêts (ex : économique, politique, etc.) entre les acteurs d'un territoire dans la manière d'aménager ce

---

<sup>6</sup> Brunet R and al., Les mots de la géographie. Dictionnaire critique, Reclus. La Documentation française, 1992.

dernier. L'habitat renvoie aussi bien à la terre entière, la ville, le quartier mais aussi à la « maison », lieu de la résidence et du domestique.

Longtemps abordé de l'extérieur par l'étude de sa morphologie et de sa structure, ce n'est que tardivement que le géographe s'attache à étudier « un des lieux de l'habitat humain » : l'habitation, la maison aménagée, équipée, décorée, empreint de valeurs sociales, culturelles et familiales. [STASZAK, 2001] désigne un « espace domestique », anthropique, différencié, privé, familial et corporel.

### **1.1.3 Approches anthropologique et sociologique**

Selon [SIRET et RODRIGUEZ, 2006], la maison est un objet complexe répondant aux besoins matériels, physiologiques, spirituels et affectifs de ses occupants.

D'un point de vue anthropologique, sa fonction primaire est celle de protection et d'abri contre les forces de la nature mais également de sauvegarde des provisions [PEZEU-MASSABUAU, 1983]. [GUIRAUD, 1980] ajoute « le besoin de s'approprier une portion d'espace où les fonctions vitales puissent s'effectuer sans contrainte ».

La maison est un espace approprié et un support d'identité « individuelle » où d'un point de vue de la psychologie environnementale [COLBEAU-JUSTIN et De VANSSEY, 2001], il favorise à la fois l'intimité et la socialisation. L'espace est construit selon des pratiques, des usages et des désirs fortement influencés par des normes et des valeurs culturelles. Les qualités de confort, de sécurité physique et psychologique sont assurées par les dimensions sociales, cognitives et culturelles que l'homme entretient avec son habitat [RATIU, 2001].

La maison est constituée de marqueurs d'identité propre à ses occupants. Elle est une prolongation de soi et est alors le reflet culturel d'une société qui conditionne la forme, le plan, le décor et les pratiques des occupants. Au-delà des besoins fonctionnels auxquels la maison répond (ex : dormir, se nourrir, se chauffer, se laver, s'éclairer, etc.) [SMITH, 1994 ; COLBEAU-JUSTIN et De VANSSEY, 2001], elle symbolise également la vie sociale et l'unité familiale [HAUMONT 2001 ; HAUMONT et RAYMOND 2001]. Considérée comme un investissement des plus importants dans la vie d'une personne, la maison est aussi un objet d'usage et un bien de consommation.

### **1.1.4 Approche architecturale**

En architecture, le terme « habitat » est accolé à deux adjectifs : individuel et collectif [GUYARD, 2006]. Ceci oppose deux groupes de formes architecturales et deux types de

paysage urbain qui renvoient à deux modèles de référence. D'un côté, le collectif est représenté par l'immeuble empilant plusieurs logements sur une même parcelle. De l'autre, l'individuel est représenté par la maison faisant correspondre à chaque parcelle un logement unique.

L'habitat individuel rassemble l'ensemble des maisons occupées par une seule famille (ex : le pavillon, la maison de maître, la maison de ville, la villa, la maison individuelle, la maison de campagne, la maison mitoyenne, etc.).

L'habitat a connu à travers l'histoire de multiples transformations dictées par le contexte socio-économique et politique de la France. Il est difficile de dresser une typologie exhaustive de l'architecture de l'habitat individuel en raison, d'une part, de l'évolution des techniques et des méthodes constructives et d'autre part, d'une vaste gamme de matériaux qui varient selon les régions et les périodes de construction. Il n'existe pas de référentiel relatif à la typologie architecturale de l'habitat en France.

Au regard de l'évolution socio-économique des modes de vie, la diversité architecturale de l'habitat individuel est fortement marquée par un habitat traditionnel issu d'une France rurale d'avant-guerre, suivi d'une standardisation de l'habitat individuel fruit de l'industrialisation des Trente Glorieuses (1945-1975) qui s'est peu à peu diversifié en une « maison individuelle » personnalisée et idéalisée.

Face à ces différentes approches, et pour la suite de notre exposé, l'habitat sera abordé principalement sous l'angle de l'architecture. Nous emploierons les termes d'habitat individuel ou de maison individuelle pour désigner notre objet d'étude qui face aux transformations de notre société a été marqué dans sa structure, sa morphologie, ses matériaux constructifs, ses usages et ses rapports avec l'environnement.

## **1.2 L'habitat individuel, un héritage architectural**

En l'absence de référentiel relatif à la typologie architecturale de l'habitat, et compte tenu des mutations socio-économiques et politiques de la société, cette deuxième partie tente, sans être exhaustive, d'établir un état des lieux de l'architecture de l'habitat en France. Le passage d'un habitat traditionnel, construit et adapté au milieu physique vers un habitat « industrialisé », « standardisé » et grand consommateur d'espace a fortement investi le territoire national.

La première partie de cette section rappelle que traditionnellement, l'habitat s'est moulé par sa forme, sa structure et le mode d'occupation du bâti aux impératifs économiques et aux

contraintes de l'environnement. La deuxième partie aborde l'évolution de l'habitat en parallèle à l'évolution économique des Trente Glorieuses avec l'apparition de l'habitat pavillonnaire marquant un tournant dans la société française notamment avec l'émergence de la « standardisation »<sup>7</sup> et du phénomène de périurbanisation, sans souci de l'impact de la construction sur l'environnement et l'individu.

Les tendances du marché en matière de modes constructifs et de standardisation des matériaux de construction sont les objets de la troisième partie qui se termine par une brève excursion dans la réglementation en matière de construction de l'habitat individuel.

### **1.2.1 De l'« habitat traditionnel » construit et adapté au milieu physique ...**

#### 1.2.1.1 L'habitat traditionnel, reflet des activités économiques et des contraintes du milieu physique.

La maison traditionnelle est abordée de l'extérieur en tant qu'« élément d'un système d'exploitation agricole, d'une structure de production, d'un genre de vie, d'un paysage » [BRUHNES, 1934] ou encore comme une preuve de l'interaction « homme / milieu physique » avec une insistance particulière sur les matériaux de construction employés.

Les matériaux utilisés jadis étaient principalement issus des ressources disponibles ou fabriquées au niveau local (ex : paille, sable, roche, granit, bois, brique, etc.).

L'habitat empreint de ruralité est qualifié d'habitat traditionnel dont les spécificités architecturales régionales sont fortement dépendantes des contrastes climatiques, des ressources et des activités agricoles, artisanales et commerciales (ex : maisons en granit en Bretagne, maisons en briques à Toulouse, fermes, moulins, maison vigneronne dans la région de Cuxac d'Aude, maison montagnarde, etc.).

[DEMANGEON, 1938] évoque une typologie de « maisons outils » définies par leurs formes architecturales, leur orientation, leur disposition au sol et leurs matériaux de construction. Ces différents critères indiquaient à la fois la profession des habitants (ex : moulin, fermes, etc.) mais aussi les différentes solutions apportées aux problèmes des relations des hommes avec leur environnement immédiat.

---

<sup>7</sup> La « standardisation » est apparue avec la création en 1958 des Documents Techniques Unifiés (DTU) i.e. les règles techniques à respecter par les professionnels du bâtiment lors de travaux de construction, de rénovation et / ou de réhabilitation.

Les travaux de [DEFFONTAINES, 1972] dans l' « Homme et sa maison » abordent l'habitat à travers l'étude des paysages ruraux et semi-urbain. L'habitat est vu comme « une adaptation aux conditions naturelles » et comme un produit des activités rurales ou religieuses. Il n'y a pas de typologie de l'habitat dressée mais il est vu comme une décomposition en « dispositifs que l'homme a inventé pour donner une solution aux problèmes que pose l'aménagement de sa maison » (ex : pente des toits, agencement et dimension des ouvertures, etc.). L' « homme à la fois tire parti et se protège du milieu physique » [STASZAK, 2001]. L'habitat traditionnel est fortement marqué par les modes de vie de ses occupants et les contraintes de son environnement immédiat.

#### 1.2.1.2 Des modes constructifs hérités des contraintes des crues des fleuves

L'exploitation traditionnelle des vallées, imposée par l'omniprésence de l'eau qui rythmait le quotidien des habitants, pouvait s'accompagner d'un bâti et d'un mode d'occupation adaptés aux écoulements et aux crues des rivières. Cet héritage architectural est encore visible dans certaines vallées de France (Vilaine, Loire, Seine, etc.). A Niort, ville développée autour de l'activité de peausserie et de tannerie jusqu'à la fin du XVIIème siècle, les maisons n'étaient pas aménagées en pièce de vie au rez de chaussée mais en écurie, commerces ou locaux de marchandises afin de laisser libre cours à l'écoulement et d'éviter tout désagrément d'une inondation lors d'un débordement de la Sèvre. Dans la commune de Bruz en Ille et Vilaine (35), les anciennes granges agricoles n'étaient également pas occupées au rez de chaussée. « A Pont-Réan, l'habitat était lié à la navigation sur la Vilaine : un logement était à l'étage associé à un rez de chaussée servant d'entrepôt ; aujourd'hui ces rez de chaussée sont des logements » [VALY, 2009].

Ces réaménagements marquent également les moulins. Dans la région du Cuxac d'Aude, les villas vigneronnes étaient aménagées en conséquence [LANGUMIER, 2007]. Le rez de chaussée des fermes était souvent construit au-dessus du niveau du sol avec un terre-plein, devenu aujourd'hui vide sanitaire. Dans les grandes vallées fluviales, les villages et les fermes étaient surélevés par rapport au terrain naturel. La colonisation des espaces inondables de la Vallée de Rochefort sur Loire est marquée par un habitat à caractère agricole, rehaussé et renforcé sur des tertres afin de laisser libre cours aux écoulements des rivières (figure 1-1). Datant de l'Antiquité, ces « buttes insubmersibles » étaient généralement peu élevées et pour cause la crue pouvait s'étendre librement dans le lit majeur.

Les murs des maisons sont constitués de tuffeau (signe de l'identité patrimoniale et culturelle du Val de Loire) ou de moellons de pierres dures.

La célèbre « Route des Chaumières » de la vallée de la Seine illustre également un patrimoine bâti construit à partir des matériaux issus du milieu naturel et des activités agricoles. Les techniques de construction consistaient à mélanger de l'eau avec de la terre argileuse, des pierres, du bois et des céréales cultivés (ex : blé ou seigle). De forme longitudinale à l'intérieur de laquelle les pièces se succédaient, la chaumière était construite sur une base de silex en raison de ses propriétés d'étanchéité. Un assemblage de poutres en bois de chêne et de torchis (paille, argile, eau) composait les murs. Le toit était constitué de chaume surmonté d'un lit d'argile pour maintenir les brins de paille.

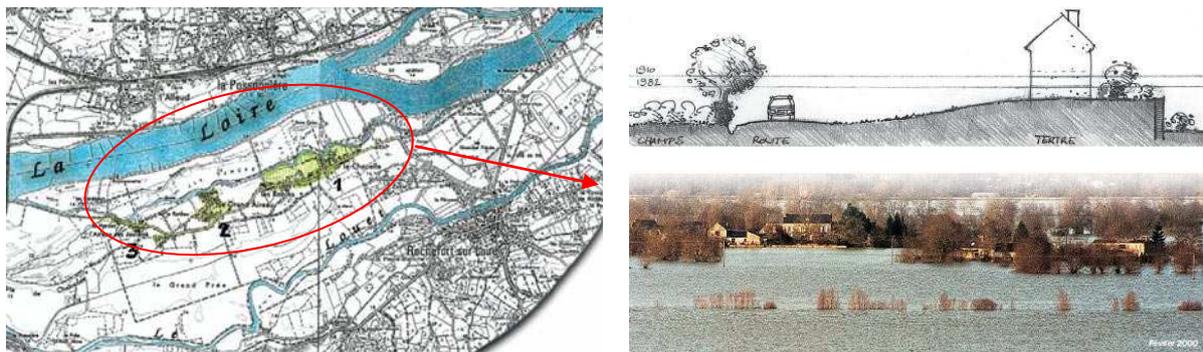


Figure 1-1 Illustrations des habitats de Rochefort sur Loire

La forme, la structure et le mode d'occupation du bâti sont les réponses aux contraintes du milieu physique et aux impératifs économiques. Les matériaux et les techniques de construction étaient issus des spécificités régionales. Ce traditionalisme sera perturbé par les nouvelles mentalités et viendra se heurter à l'essor d'un habitat « standardisé » issu de l'industrialisation des Trente Glorieuses.

## 1.2.2 ... à l'« habitat industrialisé », grand consommateur d'espace ...

### 1.2.2.1 L'habitat pavillonnaire, facteur d'étalement urbain et d'anarchie

Le regain économique de la France au cours de la période des Trente Glorieuses (1945 et 1975), s'accompagne d'une forte mutation des modes de vie des populations rurales et traditionnelles. L'après-guerre a été marquée par la reconstruction et l'essor économique des villes où de nouveaux modes de production voient le jour et attirent massivement une main d'œuvre venue des campagnes environnantes. L'exode rural, l'immigration et la croissance démographique des villes poussent l'Etat à construire en « masse ». A partir des années 1950 jusqu'au milieu des années 70, de grands ensembles en béton, pourvus d'un minimum de

confort (ex : eau courante chaude et froide, chauffage central, équipements sanitaire, etc.) sont érigés afin de répondre à la crise du logement.

La période du milieu des années 1960 à la fin des années 70 est fortement marquée par un « choc sociologique » où le désir de s'affirmer par rapport à une pesanteur sociale d'avant-guerre s'est ressenti. La recherche d'une meilleure qualité de vie et d'un épanouissement individuel pousse la classe moyenne à rompre avec la promiscuité des logements collectifs et à s' « extraire » des villes pour affluer en masse vers les zones périurbaines. De ce nouveau mode de vie naît un idéal : le pavillon avec jardin.

Ce dernier apparaît comme un rêve accompli, preuve d'une réussite sociale qui renvoie à la notion du « chez soi », lieu de l'intimité et de l'unité familiale. L'habitat individuel de type pavillonnaire devient alors la demeure idéale de la majorité des français. Au détriment d'une politique d'aménagement du territoire limitant l'extension des zones périurbaines, l'Etat mène alors une véritable politique sociale en faveur de la construction de ce type de logement, considéré comme un « remède social ». Ce n'est qu'en 1967 que l'Etat décide de mener une politique foncière avec la création du Plan d'Occupation des Sols (POS) afin d'endiguer et de diminuer la densification du périurbain en favorisant de ce fait l'émiettement urbain. L'augmentation du niveau de vie et la création des prêts d'accession à la propriété (PAP) en 1977 ont favorisé l'acquisition de ce type d'habitat. A la fin des années 70, on assiste à « un boom de la construction », passant de 37,9% en 1962 à 43,7% en 1975 [INSEE, 2011].

#### 1.2.2.2 Vers une architecture standardisée

Construit rapidement, en masse et à moindre coût afin de répondre à une crise du logement et à une demande de plus en plus forte de la population, l'habitat individuel de type pavillonnaire envahit le paysage périurbain avec une « standardisation » des formes et des matériaux de construction. L'habitat pavillonnaire est construit majoritairement sur deux niveaux avec un garage accolé, intégré en sous-sol ou demi-sous-sol. La maçonnerie des maisons pavillonnaires construites durant cette période est majoritairement réalisée en parpaing et en brique. Le parpaing a été importé des Etats Unis après la Seconde Guerre Mondiale, il a l'avantage de se poser rapidement et d'être à faible coût. Les matériaux d'isolation (ex : laine de verre, etc.) seront introduits après le premier choc pétrolier dans un souci d'économie d'énergie.

Conjointement, les industries spécialisées se développent et se diversifient dans la production de nouveaux matériaux et de procédés (ex : complexe plaques de plâtre, isolant en doublage, enduit projeté monocouche, plastique, métal, résine, alliages, etc.) ce qui contribuera à

diversifier profondément la production et les techniques architecturales à venir. La mémoire des contraintes du milieu physique semble avoir disparu au profit de logiques économiques.

### **1.2.3 ... vers quelle évolution de l'habitat individuel aujourd'hui ?**

Aujourd'hui, l'habitat individuel est indémodable. L'Agence Qualité Construction (AQC) a commandité une étude auprès de la société Caron Marketing afin d'étudier l'évolution du marché de la construction de maisons individuelles en secteur diffus et groupé entre 1998 et 2009 [AQC, 2009].

L'objet de l'étude était d'examiner les informations descriptives des dossiers de permis de construire de plus de 80 000 logements sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'« évolution des parts de marché des produits et matériaux de la construction » entre 1998 et 2009 met en évidence les caractéristiques générales et techniques des deux formes d'habitat : traditionnel et pavillonnaire. Basée sur 80 000 dossiers, l'analyse montre un manque de représentativité sur le territoire national tout en permettant cependant de dresser des tendances du marché relatif aux modes constructifs et aux matériaux de construction. L'état de l'évolution de la construction de l'habitat individuel qui suit est essentiellement fondé sur une étude de l'Agence Qualité Construction [AQC, 2009].

#### **1.2.3.1 L'habitat individuel, des modes constructifs hétérogènes sur le territoire national**

L'habitat individuel du secteur diffus est construit à 92% de manière « standardisé » (sauf particularismes régionaux). La répartition de l'habitat selon sa configuration est hétérogène sur le territoire national et semble dépendre d'un certain nombre de facteurs structurels (densité de la population, respect de traditionalismes régionaux, patrimoine géologique, etc.).

En Bretagne, 96% des maisons individuelles en secteur diffus n'ont pas de sous-sols, ni d'étage (3%) mais 81% possèdent des combles aménagés. En région PACA, l'habitat individuel avec étage (52%) mais sans sous-sol (84%) est fortement représenté. Dans le Languedoc Roussillon, 92% des maisons sont sans sous-sol, de plain-pied (66%) avec étage (33%).

L'essor du marché des maisons moins consommatrices d'énergie et des maisons à toiture de faible pente dans les régions du Sud et du Sud-Ouest de la France sont autant de facteurs qui pousse à délaisser un habitat individuel avec des combles aménagés (-25%) au profit d'un habitat de plain-pied (+22%).

Concernant les caractéristiques techniques de cette forme d'habitat, les dallages sur terre-plein et le plancher sur sous-sol sont délaissés au profit d'un plancher en béton sur vide sanitaire (+100%). Néanmoins, il existe une disparité sur l'ensemble du territoire métropolitain. Le vide sanitaire est majoritairement présent en PACA (82%), Languedoc Roussillon (90%) et Midi Pyrénées (61%). Alors que le terre-plein est prédominant en Pays de la Loire (84%), en Poitou Charente (74%), en Aquitaine (70%) et en Bretagne (67%).

#### 1.2.3.2 Standardisation des matériaux nuancée de particularités locales

Le matériau de maçonnerie est le parpaing creux (77%) à l'exception de trois régions où l'utilisation de la brique est de tradition (ex : Aquitaine, Midi Pyrénées et Alsace). Au regard de l'évolution des matériaux de maçonnerie sur la période 1998 et 2009, les murs en parpaings restent majoritaires (-8%) mais cèdent peu à peu la place à la brique creuse (+19%) du fait entre autre de performances isolantes intéressantes, très solide et résistant au temps.

Les matériaux d'isolation s'équilibrent entre le complexe constitué par du polystyrène expansé (50%) ou de la laine (43%), ceci au détriment du béton cellulaire, du polyuréthane, etc. Ils sont tous deux de bons isolants et ont l'avantage d'être recyclables, le polystyrène étant insensible à l'eau et imputrescible. La part du polystyrène expansé est largement supérieure à la moyenne dans le Languedoc Roussillon, en Alsace, en Champagne / Lorraine et en région PACA. La part de la laine comme matériau isolant est fortement représentée dans les Pays de la Loire, en Bretagne et en Midi Pyrénées.

Le marché des matériaux de cloisons est dominé à 76% par les plaques de plâtre (cartonnées ou sur ossature métallique). Ce marché n'est pas homogène sur la totalité du territoire national. Le traditionalisme de certaines régions persiste. Les carreaux de plâtre sont largement représentés en Alsace, Champagne / Lorraine et Nord / Picardie (près de 55 % contre 10% en moyenne) et la briquette prédomine en Bretagne (53%) et dans les Pays de la Loire (31%). Le marché des carreaux de plâtre (-41%) et des cloisons traditionnelles (-40%) a nettement reculé au profit des cloisons dites sèches (+21%) sur la période 1998 – 2009.

Concernant les menuiseries extérieures, elles sont largement représentées par le PVC à l'exception de la Bretagne et de l'Ile de France où ce dernier s'équilibre respectivement avec l'aluminium (42%) et le bois (45%).

En ce qui concerne les revêtements des murs et des sols, le large panel des matériaux laisse libre choix aux occupants. Le papier peint est abandonné au profit d'autres revêtements (ex : peinture). On constate néanmoins que le marché des revêtements des sols est dominé par le carrelage. Des disparités régionales sont toutefois à mettre en évidence. La Bretagne connaît

une forte proportion de dalles plastique (27%) et de moquette (24%). Les régions Poitou Charente, Auvergne, Limousin et Midi-Pyrénées sont dominées par des parquets en bois. En 10 ans, les marchés de la moquette et de la dalle plastique ont fléchi respectivement de 54% et 25%. Le marché du parquet bois quant à lui est passé de 3% à 9%.

Près d'une maison sur deux n'a pas de cheminée. Sur l'ensemble du territoire métropolitain, près de la majorité des maisons individuelles en secteur diffus se chauffent à l'électricité à l'exception de la Champagne Ardennes et de la Lorraine où le gaz naturel<sup>8</sup> est plus répandu dans ces régions. Sur la période 1998 à 2009, le GPL (-50%), le fuel (-43%) et le gaz naturel (-29%) sont délaissés au bénéfice de l'électricité directe (+20%) et thermodynamique (énergie nouvelle). Les convecteurs électriques et les planchers chauffant sont les plus représentés sur le marché. Au regard des contrastes climatiques de la France, on constate une certaine disparité des émetteurs de chauffage. Plus économique à l'usage, le chauffage central couplé aux radiateurs électriques domine dans les régions froides (ex : Nord Est) même si l'on constate un certain essor du plancher chauffant en Alsace.

L'eau chaude sanitaire fournie par un ballon d'eau chaude domine le marché (73%) suivi des chaudières (22%). Près d'une maison sur deux est également équipée d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux mais cet équipement est peu à peu délaissé au profit d'une VMC à simple flux hygrométrique (7% en 1998 à 42% en 2009).

Contrairement à l'habitat diffus, les techniques et les matériaux de construction de l'habitat individuel en secteur groupé favorisent des solutions à moindre coût. Par contre, les matériaux de construction et leur répartition sont similaires. Il n'y a pas de différences majeures entre le secteur diffus et le secteur groupé à l'exception du combustible pour le chauffage qui est essentiellement représenté par le gaz plutôt que l'électricité étant donné que cette forme d'habitat, proche de la ville, est alimentée par les réseaux urbains.

### 1.2.3.3 Quelle réglementation en matière de construction de l'habitat individuel ?

A partir des années 90, des réglementations et normes en matière de sécurité, de santé et d'environnement sont venues modifier les règles techniques de construction, de réhabilitation et de rénovation de la maison individuelle [CSTB, 2005]. Selon le décret 2002-120 du 30 janvier 2002 pris en application de la loi SRU, le logement ne doit pas présenter de danger pour la santé et la sécurité de ses occupants.

---

<sup>8</sup> Historiquement, l'utilisation du gaz naturel est plus répandue dans des régions comme la Champagne Ardennes et la Lorraine où sévit un climat continental. Il était acheminé de Russie et était moins coûteux.

La loi 2005-781 du 13 juillet 2005 relative aux orientations de la politique énergétique française a pour objectif majeur de diviser par quatre d'ici 2050 les émissions de gaz carbonique du secteur du bâtiment. Ces changements législatifs et réglementaires peuvent affecter les règles techniques de construction et le choix des matériaux. Selon le [CSTB, 2005], ces exigences sont des obligations de moyens et de performances imposées par la Directive Européenne<sup>9</sup>, transposées en France par le décret n° 92-647 du 8 juillet 1992, en matière de résistance mécanique et stabilité, sécurité en cas d'incendie, hygiène, santé et environnement, sécurité d'utilisation, etc.

D'autre part, selon l'article L126-1 du Code de la Construction et de l'Habitation : Les plans de prévention des risques naturels prévisibles prévus par les articles L. 562-1 à L. 562-6 du code de l'environnement (...) peuvent fixer des règles particulières de construction, d'aménagement et d'exploitation en ce qui concerne la nature et les caractéristiques des bâtiments ainsi que leurs équipements et installations. Ces aspects seront traités plus en détails dans le chapitre 2.

A ceci s'ajoute les exigences issues de la loi ENE dite loi Grenelle II (Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant Engagement National pour l'Environnement) qui incitent à une meilleure prise en compte de l'environnement dans les documents d'urbanisme (ex : SCOT, PLU) ce qui par conséquent pourrait avoir un impact sur les caractéristiques de l'habitat individuel.

L'évolution socio-économique et politique de la société a conduit à faire évoluer l'habitat individuel dans son architecture, sa forme, sa structure mais également dans sa localisation géographique. Nous sommes passés d'un habitat traditionnel construit et adapté au milieu physique à une « prolifération » de formes et de matériaux « industrialisés » et « standardisés ». Au détriment d'une politique d'aménagement du territoire limitant l'extension des zones périurbaines, l'Etat mène une véritable politique sociale en faveur de la construction de ce type de logement, considéré comme un « remède social ». Le déploiement de l'habitat en continuité des bourgs anciens et en marges des grandes villes témoigne d'un nouveau mode de vie auquel aspire la majorité des ménages.

L'essor d'un large panel de matériaux, d'équipements et de produits laisse libre choix aux acquéreurs dans la construction, la rénovation, l'agencement, l'aménagement et la décoration de l'habitat. « Construisons ensemble une maison qui vous ressemble » est l'un des slogans révélateurs d'une volonté de personnaliser la maison. Les futurs propriétaires s'affranchissent

---

<sup>9</sup> D89/106 transposée en France par le décret n° 92-647 du 8 juillet 1992

du plan de l'architecte et construisent selon leurs désirs et leurs envies tout en oubliant les « acquis » du passé.

Au-delà de cet aspect structurel, les ménages aspirent de plus en plus à cette forme d'habitat pour sa qualité de vie. L'étude de l'habitat individuel de l'extérieur ne suffit pas à comprendre notre objet d'étude. L'habitat doit également être étudié de l'intérieur afin de mettre en évidence les relations que les occupants entretiennent avec ce dernier. Il s'agit de faire le lien entre l'habitat et l'habitant à travers l'« espace domestique » [STASZAK, 2001].

### **1.3 L'habitat individuel, vu comme un enjeu**

Plusieurs facteurs conjoncturels et structurels expliquent l'évolution de l'habitat individuel : l'accession à la propriété, le placement dans la pierre, l'inquiétude des retraites, l'investissement plutôt que la perte d'un loyer, la demande classique en raison de la croissance démographique, les aides à l'investissement, etc. Cette demande est « durablement soutenue par la concrétisation d'aspirations à plus d'espaces, de confort et par l'évolution des modes de vie » [ERNER, 2006]. Au regard de ces facteurs, la première partie de cette section a pour objet de dresser le portrait socio-économique de l'habitat individuel en France.

Idéalisé par la majorité des français pour sa qualité de vie, l'habitat individuel est à la fois un objet d'usage satisfaisant les besoins fondamentaux de ses occupants et un investissement des plus importants dans la vie d'une personne en termes de confort et de sécurité (physique et psychologique) [RODRIGUEZ, 2005], la deuxième partie de cette section s'attache à illustrer le lien entre le particulier et son habitat.

#### **1.3.1 Quel portrait de l'habitat individuel en France ?**

##### 1.3.1.1 Evolution de la construction de l'habitat individuel en France...

Au début des années 60, 25% des logements neufs étaient des maisons individuelles contre 50% au début des années 90 et plus de 60% dans les années 2000 (figure 1-2). Selon une enquête de Caron Marketing, le marché de la maison individuelle a connu une croissance de +30% entre 2002 et 2006 (soit 253 173 permis de construire en 2006, contre 194 900 en 2002).

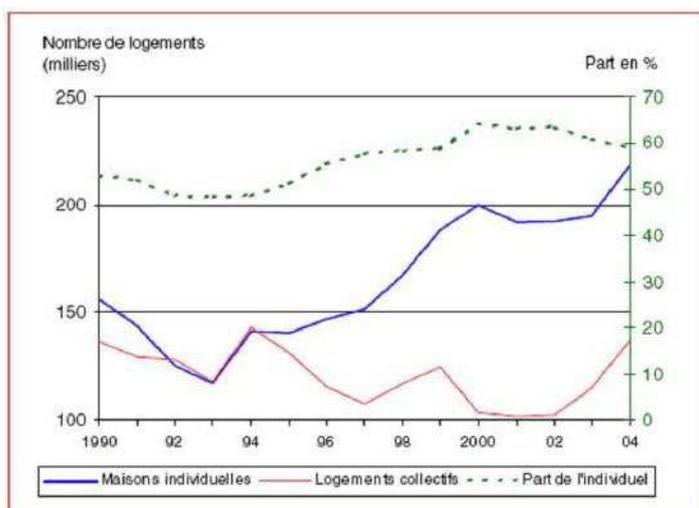


Figure 1-2 Evolution de la construction neuve entre 1990 et 2004, MTETM, Sitadel [CGDD, 2010]

L'évolution socio-économique et politique de notre société n'a pas toujours été en faveur de l'habitat individuel. Entre 1950 et 1975, la part de cet habitat était de 22% contre 33% avant 1949. A contrario, l'habitat collectif a été à son apogée entre 1950 et 1974 pour diminuer ensuite (33%).

En constante évolution depuis la fin des années 70, la part de l'habitat individuel<sup>10</sup> (en secteur diffus et groupé) représente aujourd'hui 57 % des 33 millions de logements recensés en 2010, soit 19 millions. Les 43% restants sont des logements collectifs [INSEE, 2010]. Bien que stimulée par les dispositifs d'aide à l'investissement locatif entre 1996 et 2003 (Périssol, Besson et Robien), la construction de logements collectifs est moins dynamique que l'individuel.

Au regard de l'analyse des données de l'INSEE [INSEE, 2010], les résidences principales<sup>11</sup> représentent 85% de la totalité des logements en France. 57 % de cette catégorie de logement sont représentés par de l'habitat individuel pour lequel 57,8% sont aujourd'hui des propriétaires contre 35% en 1955. Près de 10% des français possèdent également une deuxième maison. Sur les 3 millions de résidences secondaires<sup>12</sup>, 61,3% sont représentés par de l'habitat individuel. Selon une étude de l'INSEE, la construction de ce type d'habitat vient

<sup>10</sup> Résidences principales, résidences secondaires, logements vacants, logements occasionnels.

<sup>11</sup> Selon l'INSEE, une résidence principale est un logement occupé de façon habituelle et à titre principal par une ou plusieurs personnes qui constituent un ménage. Il y a ainsi égalité entre le nombre de résidences principales et le nombre de ménages.

<sup>12</sup> Selon l'INSEE, une résidence secondaire est un logement utilisé pour les week-ends, les loisirs ou les vacances. Les logements meublés loués (ou à louer) pour des séjours touristiques sont également classés en résidences secondaires. La distinction entre logements occasionnels et résidences secondaires est parfois difficile à établir, c'est pourquoi, les deux catégories sont souvent regroupées.

conquérir les zones rurales à partir desquelles renaissent des zones traditionnellement touristiques comme la Vendée et le Var.

Aujourd'hui, près de 300 000 logements sont construits tous les ans soit une augmentation du parc immobilier de 1,1% en moyenne par an (31,5 millions en 2005 contre 33 millions en 2010). Cette évolution est essentiellement portée par la construction de logements individuels<sup>13</sup> en secteur diffus et en secteur groupé. 56% des maisons individuelles sont construites sur des terrains isolés et 44% sont en lotissement [AQC, 2009].

#### 1.3.1.2 ... dominé par le secteur diffus au détriment du secteur groupé...

Le secteur de l'habitat individuel diffus est homogène et représente 86% des résidences principales en accession. Aujourd'hui plus spacieuses (+3,7%), le marché de la maison individuelle isolée tend à se développer vers un habitat sans sous-sol (82%) ni étage (18%) mais de plain-pied (55%) avec un garage accolé ou intégré (+9%). Le profil de ce type d'habitat correspond à des maisons de 4 à 5 pièces dont la surface varie entre 90 à 130m<sup>2</sup> et dont le coût de la construction au mètre carré oscille entre 1000 et 1200 euros. Ces maisons sont majoritairement de plain-pied ou avec combles selon les régions.

Grand consommateur d'espace, la surface moyenne du terrain est estimée à 1457m<sup>2</sup>. Ces maisons « isolées » se situent en grande majorité dans les communes rurales et périurbaines (75%).

Le prix (TTC) moyen de ce type d'habitat a augmenté de 42,2% en 10 ans sachant qu'il existe une grande disparité sur l'ensemble du territoire métropolitain. Les régions les plus attractives pour leur qualité de vie et leur économie (ex : PACA, Ile de France, Rhône alpes, Nord /Picardie, etc.) ont un prix largement supérieur à la moyenne nationale (119 000 euros TTC) alors que les régions à dominante rurale, moins attractives, ont des prix plus faibles (ex : Centre).

Selon une enquête IPSOS / Caron Marketing en 2007, les constructeurs de maisons individuelles restent majoritaires sur le marché (70%). La garantie du contrat (prix et délai) et la simplicité de l'achat « clé en main » rassurent les acquéreurs même si la qualité du produit semble douteuse. Le recours aux maîtres d'œuvre et à l'auto-construction représentent près de 30% du marché.

---

<sup>13</sup> Selon le MEDDTL, un logement individuel est une construction qui ne comporte qu'un seul logement (autrement dit, une maison). On en distingue deux types : les logements individuels purs, ayant fait l'objet d'un seul permis de construire relatif à un seul logement et les logements individuels groupés, ayant fait l'objet d'un permis de construire relatif à la construction de plusieurs logements individuels (par exemple un lotissement), ou à la construction de logement individuels associés à des logements collectifs ou des locaux non résidentiels.

L'habitat individuel en secteur groupé représente entre 20 à 30% du marché total de la maison individuelle en France. Contrairement au secteur diffus, le marché de ce secteur est hétérogène. Ce type d'habitat est essentiellement destiné à la location (40%), la vente (52%) et aux loisirs (15%). Cette forme d'habitat investit le paysage urbain à 57% (centre et périphérie) et est fortement représentée dans les régions touristiques (ex : PACA, Languedoc Roussillon, Auvergne / limousin). Son développement a été renforcé en 2000 par la loi relative à la Solidarité du Renouvellement Urbain (SRU). Cette loi impose aux communes de plus de 3500 habitants de disposer d'un quota de 20% de logement sociaux sur leur territoire. Dans un souci d'optimisation des terrains à bâtir, les maisons à étage(s) sont plus nombreuses et ne possèdent que très peu de sous-sols. Moins spacieuse que la maison isolée (-30%), la maison individuelle en secteur groupé coûte en moyenne 101 150 euros TTC soit 16% inférieure à la première. D'autre part, ce marché est essentiellement détenu par des promoteurs immobiliers (84%) qui ont recours aux lots de travaux « préfabriqués » [AQC, 2009].

#### 1.3.1.3 ... et un marché de l'ancien en plein essor

Parallèlement le marché de l'ancien est en plein essor. Une étude sur la sociologie de l'habitat en France met en évidence l'attrait des ménages pour la maison individuelle ancienne. 75% des acquéreurs se sont tournés vers ce type de logement, alors que cette proportion était minoritaire jusqu'en 1984 [MADORE, 2005]. Un des facteurs de choix pour l'ancien est l'évocation d'une dimension patrimoniale. Cet essor pour l'ancien a favorisé l'activité de réhabilitation et d'entretien de l'habitat qui semble générer plus de chiffre d'affaires que la construction neuve [MADORE, 2005]. Entre 1990 et 2008, le logement ancien<sup>14</sup> a vu son prix bondir en flèche (+140%) par rapport au prix du neuf et connaît encore aujourd'hui un fort contraste entre les régions françaises (figure 1-3).

---

<sup>14</sup> Selon l'INSEE, une résidence achevée depuis plus de 4 ans avant l'enquête.

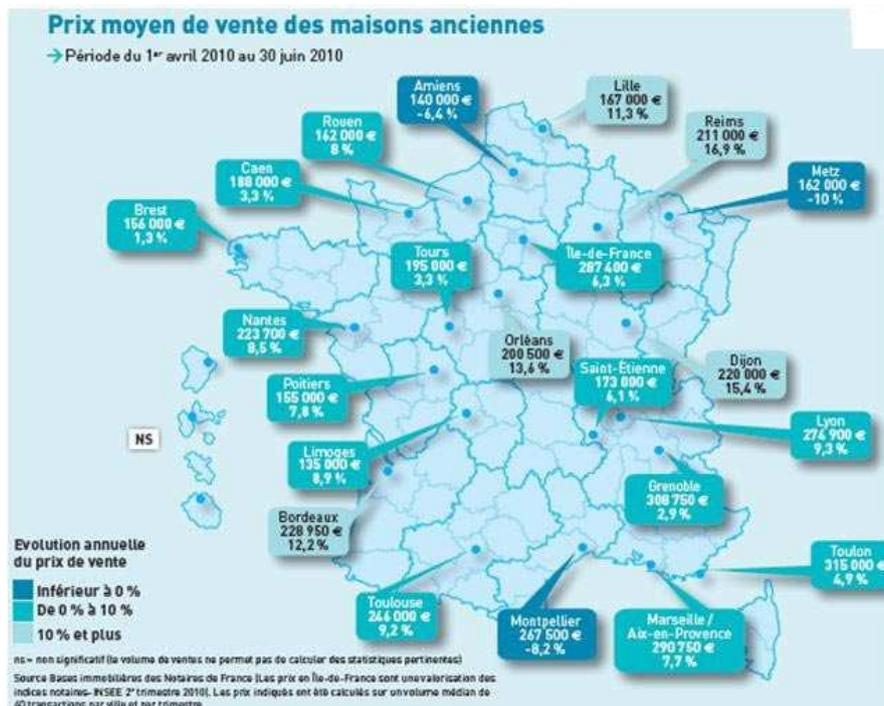


Figure 1-3 Prix moyen de vente des maisons anciennes. Bases immobilières des notaires, 2010

### 1.3.2 Un objet d'usage à forte valeur sentimentale et économique

Soutenue par de nombreux facteurs conjoncturels et structurels (ex : croissance démographique, accession à la propriété, qualité de vie, etc.), la construction de l'habitat individuel est en constante progression face à un marché de l'ancien en plein essor. Idéalisé par la majorité des français pour sa qualité de vie, l'habitat individuel est à la fois un objet d'usage satisfaisant les besoins fondamentaux de ses occupants et un investissement des plus importants dans la vie d'une personne en termes de confort et de sécurité (physique et psychologique) [RODRIGUEZ, 2005].

#### 1.3.2.1 Un objet satisfaisant les besoins vitaux de ses occupants

Considérée dans sa fonction primaire comme un abri pour se protéger des forces de la nature et conjurer les risques futurs [PEZEU-MASSABUAU, 1983], la maison assure les besoins physiologiques (ex : dormir, manger, boire, se divertir, etc.) et matériels de ses occupants. Pour satisfaire ces exigences, l'espace de la maison est différencié et aménagée en pièces fonctionnelles (ex : la cuisine, chambre, etc.) où chaque individu pratique et utilise l'espace selon ses modes de vie.

Aujourd'hui, la cuisine est « au cœur de la maison » [LEGUE, 2008], elle répond au besoin vital de « se nourrir ». Lieu central, elle est une pièce spécialement équipée et dédiée à la

conservation des aliments et la préparation des repas. On y dispose de toutes les commodités nécessaires pour répondre à ce besoin (ex : eau courante, électricité, gaz, appareils électroménagers, etc.).

C'est un lieu de sociabilité où les membres de la famille peuvent se réunir. Elle est équipée d'un certain nombre de meubles de rangement, intégrés ou non, où peuvent être stockés le petit électroménager, les ustensiles, la vaisselle, les denrées alimentaires, les produits d'entretien, etc. Élément central dans les pratiques quotidiennes, la cuisine est une pièce que l'on souhaite adapter à ses usages. A partir des années 70, elle est vite devenue celle du « cuisiniste » autrement dit, un investissement économique important pour les ménages.

Le salon ou salle de séjour est l'une des pièces les plus centrales de la maison avec la cuisine. La famille et les amis se réunissent pour se distraire et se reposer, écouter de la musique, lire, regarder la télévision. Cette pièce est généralement la plus grande et la plus équipée en mobilier et équipements audio-visuels (ex : TV, Home cinéma, etc.).

La chambre est destinée à assurer le sommeil, le repos, l'isolement et l'intimité. C'est également une pièce où l'on travaille, joue et se divertit, etc. Pour assurer ces différents besoins, la chambre est investie d'objets et de meubles divers (ex : bijoux, photos, lit, meubles de rangements, ordinateur, etc.).

La salle de bain ou pièce d'eau est destinée à assurer l'hygiène corporelle de chacun. C'est un lieu d'intimité. On y retrouve l'eau courante et l'électricité, du mobilier et des équipements plus ou moins sophistiqués et coûteux. La maison est raccordée aux réseaux d'alimentation, d'assainissement, de télécommunication, etc.

#### 1.3.2.2 Un objet investit sentimentalement

Objet d'une grande aspiration pour les particuliers, construite par les aïeuls ou les occupants eux même, réfléchie, planifiée, la maison est le projet de toute une vie. Elle est aussi constituée de marqueurs d'identité propre à ses occupants. Au-delà des besoins fonctionnels auxquels la maison répond, elle symbolise également la vie sociale et l'unité familiale [HAUMONT et RAYMOND, 2001]. Considérée comme un investissement des plus importants dans la vie d'une personne, la maison est aussi un objet d'usage et un bien de consommation.

### 1.3.2.3 Un investissement économique

Quel que soit le statut d'occupation des ménages (propriétaire ou locataire), le souhait d'un certain confort domestique est corrélé au pouvoir d'achat.

Les besoins à satisfaire (confort, loisirs, culture, décoration, etc.) et l'augmentation du temps libre, par exemple via les 35 heures, sont autant de facteurs qui incitent davantage les ménages à dépenser et à investir pour leur « chez soi ».

La proportion des ménages possédant divers équipements (ex : réfrigérateur, congélateur, lave-linge, lave-vaisselle, Hifi, automobile, etc.) a fortement augmenté sur la période 1954 à 1991 [RODRIGUEZ, 2005] traduisant ainsi l'avènement d'une « société de consommation ».

Aujourd'hui, le souci de consommer moins amène à intégrer de nouveaux équipements dans l'habitat. Néanmoins, la consommation de biens et services de loisirs et de culture s'accélère. Plus de 3,2% en 2010 contre une augmentation de 1,4% en 2009 [INSEE, 2010]. Les éléments de confort se sont généralisés et constituent un patrimoine mobilier pour tout un chacun dont la valeur varie selon les niveaux socio-économiques des ménages.

Au-delà de la valeur mobilière, la maison constitue un patrimoine immobilier dont la valeur est soumise aux règles du marché [RODRIGUEZ, 2005]. Ce n'est pas un achat ponctuel mais un investissement financier qui assure le bien-être économique de sa descendance [SIRET et RODRIGUEZ, 2006].

Le logement est le premier investissement des ménages. Parmi les dépenses courantes (loyers, énergie, charges, les travaux, les impôts), l'assurance des biens fait également partie des dépenses des ménages.

Idéalisé par la majorité des ménages, l'habitat individuel est l'enjeu d'une politique sociale. Garant d'une certaine sécurité physique et psychologique de ses occupants, l'habitat individuel est source d'appropriation, d'investissement et d'attachement. Tant privilégié pour sa qualité de vie, cette forme d'habitat a néanmoins quelques inconvénients susceptibles de le mettre en péril.

Facteur d'étalement urbain dans les années 70, construit en masse, sans adaptation et préoccupation aucune vis-à-vis du milieu physique, l'habitat individuel est le reflet de logiques « individualistes et économes » qui ont conduit à construire dans des zones où les conséquences d'une inondation peuvent lui être fatales. Considéré comme un objet structurel, matériel, fonctionnel et un investissement des plus importants dans la vie d'une personne, l'habitat individuel est rendu vulnérable et peut être mis en péril.

## 1.4 L'habitat individuel, un enjeu exposé aux inondations

En France, plusieurs millions de personnes vivent en zones inondables. A la vue des retours d'expérience<sup>15</sup> des inondations passées, le coût des dommages matériels à l'habitat des particuliers ne constitue pas la composante majeure du coût total de l'indemnisation d'une inondation mais il est néanmoins révélateur de grands traumatismes qui secouent fortement l'opinion publique par le nombre de sinistrés touchés et par les préjudices socio-économiques occasionnés (ex : endommagement du bâti, perte des biens, relogement, pertes financières, pertes humaines).

La première partie de cette section s'attache à illustrer l'exposition de l'habitat individuel en zone inondable. La deuxième partie de cette section revient sur les retours d'expérience d'événements passés, complétés d'études scientifiques et techniques, afin de faire état des dommages à l'habitat. L'impact physique de la montée des eaux sur la structure de l'habitat (gros œuvre), les réseaux et équipements (second œuvre) et son contenu est la cause directe des dommages structurels et matériels (endommagement, destruction). Les conséquences de ces dommages directs sont la source de dommages indirects susceptibles d'une part, d'altérer voire de paralyser les besoins fondamentaux des occupants et d'autre part d'être différés dans le temps. La troisième partie de cette section dresse les effets de ces dommages sur la santé des particuliers et fait état des circonstances des victimes lors d'inondations. Enfin, la quatrième partie illustre, par quelques exemples, que ces dommages à l'habitat sont essentiellement économiques et difficilement supportables pour les particuliers (ex : chômage technique, pertes de revenu, relogement, dévalorisation du bien immobilier, etc.).

L'absence de source unique et le recueil « parcimonieux » des informations relatives aux dommages matériels et humains, nous a poussé à « dépouiller » les rapports de mission sur les retours d'expériences des événements passés pour lesquels l'information sur les dommages à l'habitat est très hétérogène et succincte. Nous avons complété ce recueil par la prise de connaissance des travaux scientifiques et techniques du Centre Scientifique Technique du Bâtiment (CSTB) et de la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction (DGUHC) d'une part et de la littérature scientifique d'autre part.

---

<sup>15</sup> Les retours d'expériences (REX) sont très récents et réalisés, quasi-systématiquement, par des missions confiées aux différents services d'inspection à la suite de catastrophes de grandes ampleurs. Nous avons fait référence aux REX concernant les inondations du 22 septembre 1992 dans les départements de Vaucluse, de la Drôme et de l'Ardèche ; celles des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn ; celles de décembre 2000 et janvier 2001 en Bretagne ; celles d'avril 2001 du bassin de la Somme ; celles de septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes ; du Centre Est et du Sud Est de la France en 2003 ; celles du passage de la tempête Xynthia et du Var en 2010.

### 1.4.1 Exposition de l'habitat individuel aux inondations en France

Selon les dernières estimations du MEDDTL, 5 à 6 millions de personnes résideraient en zones inondables [MEDDTL, 2010].

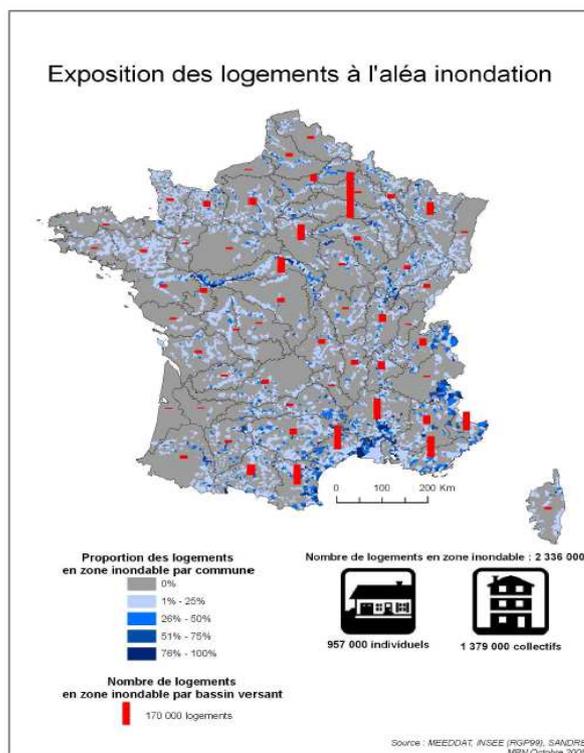


Figure 1-4 Exposition des logements à l'aléa inondation [CHEMITTE, 2008]

D'après les travaux réalisés par la Mission Risques Naturels (MRN), 957 000 habitats individuels (soit 41% des logements exposés) étaient en zone inondable en 2008 (figure 1-4).

Le nombre de logements (tout confondu) a progressé de 7% soit 100 000 logements supplémentaires sur la période 1999 – 2006 alors que la loi n° 95-101 du 02 février 1995 prévoyait déjà une maîtrise de l'occupation des sols en zone inondable. On rappelle que certaines constructions sont autorisées en zones inondables sous réserves de contraintes mentionnées dans les Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI).

### 1.4.2 Etat des dommages structurels, matériels et fonctionnels

L'habitat individuel en zone inondable « n'intègre pas le risque ni dans sa structure, ni dans ses aménagements et encore moins dans ses matériaux, ou ses équipements. Les techniques de

construction choisies pour des raisons économiques ou par méconnaissance ne sont pas adaptées aux caractéristiques de l'aléa » [MEDD-DPPR, 2005].

Conjuguées aux normes et aux règles techniques de construction actuelles, les exigences sur les performances des ouvrages, des matériaux et des produits en présence d'eau sont relativement peu sévères puisque tout est, à priori, fait à la conception pour limiter les contacts prolongés de l'eau avec les ouvrages. Néanmoins, la durée de contact avec l'eau d'une inondation est généralement plus longue que celle adoptée pour les différents essais normalisés. Ce contexte limite de fait la connaissance du comportement des matériaux et des ouvrages de construction lors d'une inondation. Seuls les effets de la poussée d'Archimède sont réellement pris en compte pour les équipements (ex : cuve de fioul, les chaudières, chauffe-eau, etc.) [SALAGNAC, 2006].

D'autre part, la multiplicité de l'action de l'eau témoigne de la difficulté d'évaluer les dommages et la nature de l'endommagement. Dans ces conditions, il est difficile d'apprécier la nature des dommages structurels et matériels au contact de l'eau d'une inondation. Nous nous référerons aux travaux du CSTB et de la DGUHC et aux retours d'expériences évoqués précédemment concernant l'appréciation de ces dommages [DGUHC et CSTB, 2005].

#### 1.4.2.1 Des dommages structurels et matériels à la destruction de l'habitat

« L'eau est l'ennemi numéro un du bâtiment » [SALAGNAC, 2005]. L'analyse qualitative des conséquences directes de l'action de l'eau des inondations lentes sur l'habitat et son contenu sont de plusieurs types [DGUHC et CSTB, 2005]. L'infiltration et la stagnation de l'eau provoquent la destruction et/ou l'endommagement de la structure et des matériaux de construction, des biens matériels (meubles et équipements), des affaires personnelles (papiers d'identité, photos, ...) et des réseaux et équipements (ex : chaudières, compteurs électrique, etc.). A titre d'exemple, lors des crues et inondations des départements de l'Aude, l'Hérault, les Pyrénées Orientales et le Tarn en 1999, les habitations ont « baigné dans 1 à 3 m d'eau : meubles détériorés, matériels électroménagers souvent hors d'usage, papiers peints et plâtres à refaire [...], papiers personnels, photos de famille irremplaçables » [VINET, 2003]. Associées à une submersion de plusieurs heures voir de plusieurs jours, les habitations peuvent être détruites et reconstruites sous certaines conditions (ex : Somme, Arles, Xynthia).

L'humidité et l'insalubrité de l'eau sont également à l'origine de développements bactériologiques et de salissures (indélébiles) sur les murs, les sols, les plafonds ainsi que sur les équipements et le mobilier. A titre d'exemple, la laine de verre est un matériau qui, imprégnée d'eau, perd toutes ses propriétés isolantes. La dispersion des produits polluants ou

la remontée des eaux usées peuvent entraîner des odeurs persistantes et endommager l'intégralité de la maison. L'inondation d'une station d'épuration ou le déversement d'une cuve de fioul aux abords de l'habitat peuvent conduire à sa destruction.

Les déplacements d'objets par l'eau peuvent également venir fragiliser, endommager et/ou détruire toute ou partie de la structure de l'habitat. Sachant qu'un véhicule peut flotter dans 30cm d'eau, tous les éléments transportés par la crue (ex : voiture, citerne, chaudière, etc.) sont comme des projectiles susceptibles de tout endommager sur leur passage.

Lors d'un fort courant, l'eau peut également dégager les fondations des habitations. Ces dégâts appelés « affouillements » sont souvent visibles lorsque l'eau s'est retirée. Ils peuvent avoir affecté la solidité du bâtiment même si ce dernier ne présente aucun signe visible d'affaiblissement extérieur (ex : fissures). Après le retrait des eaux en surface, l'eau contenue dans le sol exerce une pression sur les fondations qui, dans certaines situations, peuvent céder et entraîner la démolition de l'habitat. Ceci n'est pas sans rappeler les événements à Draguignan en 2010 où « certaines constructions régulièrement autorisées se trouvaient dans une situation d'instabilité » [IGA, 2010] amenant ainsi les pouvoirs publics à engager une expropriation forcée pour destruction.

L'analyse qualitative des dommages mobiliers lors de l'enquête en Bretagne et sur la Saône [EDATER et LEDOUX, 2002] compare les biens les plus fréquemment endommagés entre la crue de 2000 et de 2001. La cuisine, les meubles, l'électroménager, les affaires personnelles sont les dommages les plus récurrents. Quant aux dommages immobiliers, ce sont les revêtements des sols, des murs et les cloisons (notamment celles en plâtre) qui se répètent d'une inondation à une autre mais dans un ordre différents.

Le mode constructif, la nature des matériaux de construction, des caractéristiques de l'aléa (ex : hauteur, durée de submersion, etc.) et les multiples actions de l'eau sur le bâti et son contenu sont autant de facteurs qui témoignent des difficultés à faire état des dommages structurels et matériels tant les situations peuvent être singulières, d'autant plus que ces dommages peuvent également être différés dans le temps (ex : humidité, fissures, déstabilisation, etc.).

#### 1.4.2.2 Les perturbations des fonctions « vitales » sources de dommages indirects

Selon les retours d'expériences, l'action de l'eau conjuguée à la submersion plus ou moins longue de l'habitat contraignent les particuliers à quitter leur logement (ex : Xynthia, La Somme, Arles, etc.). Dans les communes de Vendée touchées par la tempête Xynthia, des « carcasses de maison », souillées et vidées de leur contenu dominaient le paysage. Avec plus

de deux mètres d'eau pendant plusieurs heures, les habitations étaient devenues complètement inhospitalières. Dans d'autres circonstances, les dommages aux réseaux et aux équipements ne permettaient plus d'assurer les besoins fondamentaux des occupants (figure 1-5).

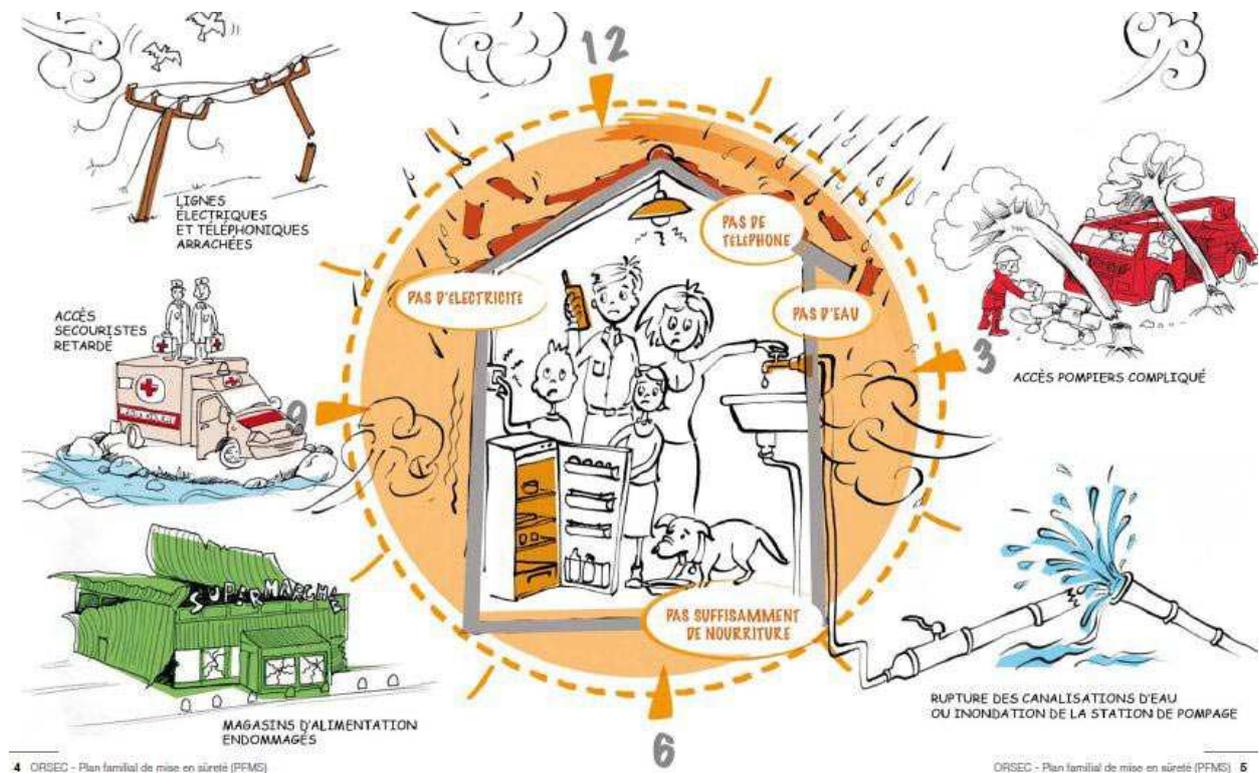


Figure 1-5 Perturbation des fonctions vitales [DSC, 2010]

L'endommagement de la structure et des matériaux, le refoulement des eaux d'assainissement par les toilettes, l'infiltration de l'eau de l'inondation dans les réseaux d'eau courante ou l'endommagement d'une chaudière remettent en cause les qualités de confort et de sécurité des habitations. L'eau de l'inondation contamine l'eau potable qui devient impropre à la consommation. Dans ces conditions, les familles sont contraintes d'être relogées dans des habitats provisoires (ex : mobil home).

La réintégration du logement est conditionnée par la nature et l'effectivité des travaux de remise en état. Ces derniers peuvent durer des semaines voire des mois. D'autre part, une maison entourée d'eau est également à l'origine de l'isolement physique et social de ses occupants. A moins d'être secouru immédiatement, cette situation peut durer plusieurs heures voir plusieurs jours. Les moins chanceux sont dans l'impossibilité d'utiliser les moyens de communication, pour cause, les réseaux sont hors service.

Alors que l'habitat est considéré comme un « abri » garantissant la sécurité de ses occupants vis-à-vis des agressions extérieures, l'intrusion de l'eau dans l'habitat, tout comme un cambriolage, est vécue comme une « violation de l'intimité ». Les qualités de confort et de sécurité n'étant plus assurées, l'habitat ne répond plus aux besoins fondamentaux de ses occupants pour lesquels l'état de santé physique et psychologique peut fortement être affecté.

### **1.4.3 Entre effets sur la santé des particuliers et circonstance des décès**

Les circonstances des victimes et les effets sur la santé des sinistrés sont très largement sous-estimés en France contrairement aux travaux existants à l'échelle internationale [TAPSELL, 2002 ; JONKMAN et KELMAN, 2005 ; JONKMAN., 2007 ; TUNSTALL and al, 2006]. Nous nous sommes référés aux travaux réalisés par [EDATER et LEDOUX, 2002] dans le cadre d'une étude de la vulnérabilité de l'habitant menée après les inondations de Bretagne et de la Saône en 2001. Fondée sur un volume de quarante-trois références bibliographiques, l'étude met en évidence les effets tant psychologiques que physiques, la stratégie du « faire face » et les facteurs aggravants de vulnérabilité.

Ces observations sont complétées par l'analyse de la littérature scientifique [PIELKE, 2000 ; ANTOINE and al, 2001 ; VINET, 2003 ; RUIN, 2007 ; VINET, 2010] et des rapports épidémiologiques et socio-psychologiques réalisés principalement par l'Institut National de Veille Sanitaire (InVS) pour les événements du Vaucluse en 1992, de la Somme en 2001, du Gard en 2002 et de Xynthia en 2010 [VERGER and al, 1997 ; COLBEAU-JUSTIN et De VANSSAY, 2001 ; INVS, 2002 ; INVS, 2010].

Mis à part une base de données sur les victimes des avalanches, la France ne possède pas d'organisme public dédié à recenser le nombre de victimes et en particulier, celles des inondations. Dans ces circonstances, seuls les retours d'expériences et les travaux scientifiques sont sources d'information relatives aux victimes des inondations. En l'absence de recueil dédié au recensement des victimes des inondations, une base de données a été réalisée par une équipe scientifique [VINET, 2010 ; VINET and al, 2011] afin de mener des analyses sur les circonstances des décès.

#### **1.4.3.1 Les troubles psychologiques**

Le caractère soudain et intrusif de l'inondation, le sentiment d'être « pris au piège », la destruction totale ou partielle de l'habitat, la disparition des biens et des souvenirs à forte valeur sentimentale, l'évacuation du domicile, le relogement, la précarité économique des

sinistrés, les blessures ou la perte d'un membre de la famille sont autant de facteurs pouvant impacter l'état de santé des sinistrés.

Associée à un paysage « apocalyptique », la perte des repères des sinistrés désorganise également leurs modes de vie. Malgré une prise en charge possible des sinistrés par des cellules psychologiques, les traumatismes peuvent être importants et variables d'un individu à un autre. Les travaux français et américains réalisés par l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale et l'« American Psychiatric Association » mettent en évidence d'importants troubles psychologiques à court et long terme : Etat de Stress Post Traumatique (ESPT<sup>16</sup>), troubles anxieux et dépressifs, insomnie ainsi que la consommation de soins médicalisés et de psychotropes [American Psychiatric Association, 1996 ; VERGER and al 1997 ; VERGER and al 2003]. Plusieurs symptômes post traumatiques sont observés et sont d'une grande variabilité individuelle. Sous la forme de flashbacks, de cauchemars, l'évènement est « revécu ». Le sentiment d'une mise en danger constante, l'appréhension, l'anticipation et l'hyper-vigilance amènent à des comportements excessifs d'hyperactivité et d'irritabilité. Selon l'association américaine, ces symptômes sont normaux après une catastrophe mais peuvent devenir chroniques et entraîner des comportements extrêmes.

#### 1.4.3.2 Les décès des inondations (circonstances)

Les crues méditerranéennes et notamment celles du Roussillon aux Cévennes semblent les plus meurtrières et font l'objet de nombreux écrits à ce sujet.

[ANTOINE and al, 2001] reprend les inondations survenues depuis le XIV<sup>e</sup> siècle en privilégiant trois facteurs : les paramètres naturels, l'espace/temps des crues et le profil des victimes. L'intensité et la fréquence de l'aléa ainsi que les facteurs de vulnérabilité de la société sont également pris en compte.

Certaines limites évoquées par l'auteur sont susceptibles de biaiser l'importance des victimes aux XIV<sup>e</sup> siècles néanmoins (figure 1-6) le grand nombre de victimes (300) recensées au XIX<sup>e</sup> siècle est corrélé à l'augmentation du nombre d'évènements (20) et témoigne d'une certaine vulnérabilité de la société. Face à la recrudescence des évènements (25) au XX<sup>e</sup> siècle, le nombre de victimes diminue légèrement mais reste comparativement à un niveau élevé (200).

---

<sup>16</sup> D'après l'American Psychiatric Association (1980), l'ESPT est défini comme « une réaction pathologique anxieuse survenant à la suite d'une exposition à un évènement hors du commun et capable d'induire de la détresse émotionnelle chez la plupart des gens ».

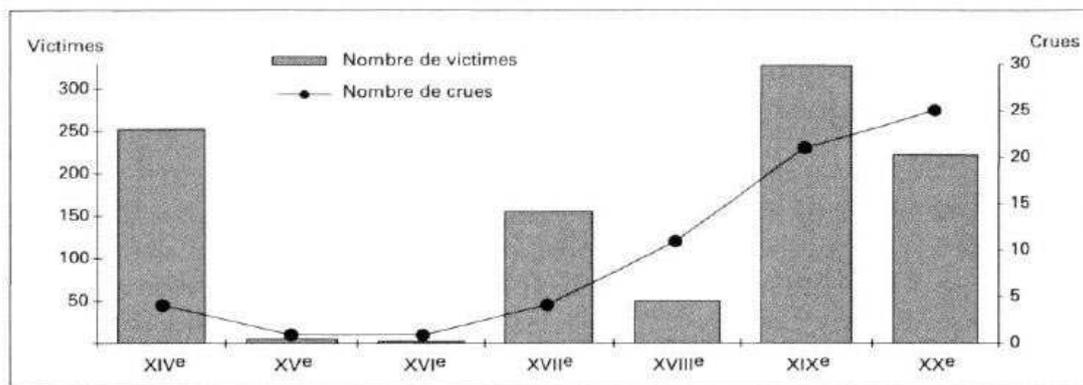


Figure 1-6 Répartition séculaire des victimes des crues méditerranéennes depuis le XIVème siècle en Languedoc Roussillon [ANTOINE and al, 2001]

[ANTOINE and al, 2001] s'interroge sur une possible amélioration des moyens de prévention, de protection et d'alerte ou sur une moindre intensité des évènements.

Les circonstances des décès ont changé avec l'évolution des modes de vie et des techniques de construction. De par le passé, les victimes étaient ensevelies sous les décombres de leur maison. L'incapacité physique des personnes âgées (ou des handicapés) à se déplacer conduisaient à la noyade. En l'absence d'étage pour se réfugier, les personnes se retrouvaient prisonnières dans leur maison et périssaient noyées (ceci était déjà évoqué en 1891). D'autres habitants ont été victimes de l'incendie et/ou d'explosion de leur maison à la suite d'un embrasement des produits polluants et inflammables qui s'étaient déversés dans l'eau d'inondation.

D'autre part, traverser une rue soumise à torrent, protéger ou utiliser son véhicule, aller chercher ses enfants à l'école, s'aventurer dans un jardin avec une piscine, sont autant de comportements qui peuvent coûter la vie. Lors des inondations du Gard, de l'Hérault et du Vaucluse en 2002, 23 décès ont été recensés [HUET, 2003]. Les principales victimes ont été des personnes âgées et des handicapés. Les circonstances ont été multiples : 9 personnes ont péri noyé chez elles, 5 victimes ont utilisé leur véhicule, une personne est morte chez elle d'une crise cardiaque. D'autres sont décédées par imprudence : une personne était montée sur un muret, un autre a tenté de sauver son animal. Enfin, 5 vacanciers et un pompier sont décédés. Lors de cet évènement, 300 à 400 automobilistes ont également frôlé la mort sur une route nationale. Inondée à ses deux extrémités, les occupants se sont trouvés « piégés ». Par chance, un collègue à proximité leur a permis de se réfugier dans les étages.

Lors de la tempête Xynthia qui a touché les régions de l'ouest de la France notamment la Vendée et la Charente Maritime dans la nuit du 27 au 28 février 2010, 47 morts et 79 personnes blessées ont été dénombrées. 29 victimes se sont retrouvées « prisonnières » dans

leur maison [ANZIANI, 2010 (a)]. Parmi elles des personnes âgées et des enfants surpris durant leur sommeil. Parmi les causes, une forte urbanisation corrélée à un fort développement touristique et économique entre 1990 et 2006. De nouveaux lotissements ont été construits derrière les digues et en dessous du niveau de la mer. Constructions sans mesures de prévention apparentes (ex : pas d'étage, pas de combles accessibles, ni d'ouverture sur les toits) ces logements sont pour la majorité de plain-pied. La mission d'inspection évoque une « alerte qui n'aurait pas été comprise pas la population », un manque de conscience de la situation et un sentiment d'évitement [ANZIANI, 2010(a)].

Lors des inondations dans le Var, les 15 et 16 juin 2010, 25 victimes ont été recensées [IGA, 2010]. Surprises par les averses et une montée des eaux très rapide, ces personnes se sont noyées, sur leur trajet quotidien. D'autres semblent avoir péri en s'efforçant de protéger leur véhicule « piégées » dans leur garage. La majorité des victimes étaient des personnes âgées.

#### 1.4.3.3 Les conséquences sanitaires

L'eau d'une inondation est insalubre et contaminée. Elle entraîne avec elle nombre de bactéries provenant des égouts, rues, etc. Elle traverse des champs (présence de pesticides), des fermes (présence de fumier), des fosses septiques, des ordures. Elle se mélange aux eaux usées et contamine les eaux potables. Source de microbes et de développement bactériologiques, elle crée des risques de dégradation sanitaires importants : infections entériques, respiratoires, irritations, conjonctivites, infections de plaies, réactions cutanées, etc.

L'eau peut également être contaminée par des produits inflammables et dangereux tels que : pesticides, engrais, essence, fioul, produits ménagers, etc. Les conséquences sont multiples : irritations cutanées, infections.

La stagnation de l'eau et l'humidité de la maison et du mobilier entraînent également un développement bactériologique nocif (moisissures).

#### **1.4.4 Vers des dommages difficilement supportables pour les particuliers**

Au sens de l'article L. 125-1 du Code des assurances (loi du 13 juillet 1982, modifié par la loi du 16 juillet 1992), la notion de catastrophe naturelle se caractérise par l'intensité anormale d'un agent naturel (inondations, séismes, avalanches, ...) qui provoque des dommages matériels directs non-assurables, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises. La catastrophe

naturelle doit en outre, être constatée par un arrêté ministériel. Cette reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle est indispensable à l'indemnisation des victimes ceci en dehors de toute clause potentielle et spécifique d'indemnisation pouvant être propre à chaque assurance.

D'autre part, le montant de l'indemnisation est calculé selon les conditions du contrat d'assurance entraînant des surcoûts pour les particuliers (ex : franchise, vétusté, etc.).

Il est évident que l'indemnisation relative à la garantie CatNat ne couvre pas tous les dommages. De ce fait, le coût réel des inondations pour les particuliers atteint un montant supérieur du aux dommages aux biens non assurés, aux surcoûts liés au relogement temporaire, etc. Or à ce jour seul un coût moyen des dommages matériels directs exprime une vulnérabilité de l'habitat individuel.

#### 1.4.4.1 Retours d'expériences sur le coût des sinistres à l'habitat

Les enquêtes menées par l'Equipe Plan Loire [CAMP'HUIS et DEVAUX-ROS, 2006 ; EDATER et LEDOUX, 2002] mettent en comparaison (Table 1-1) l'indemnisation par l'assurance et l'estimation faite par les particuliers ayant vécu deux inondations en Bretagne et Saône en 1995 et 2000 ou 2001. D'après la table 1-1, l'estimation faite par les résidents est toujours plus élevée que le montant d'indemnisation par l'assurance et varie entre 15 000 et 22 000 euros.

En règle générale, ces coûts moyens des sinistres sont variables. A Arles en 2003, les maisons sont restées sous les eaux pendant près de 10 jours entraînant des coûts de l'ordre de 40 à 50 000 euros [CAMP'HUIS et DEVAUX-ROS, 2006]. En 1995, « la crue de la Meuse a engendré un coût moyen par logement de 8923 euros dans les Ardennes et de 1599 euros dans le département de la Meuse » [MEDD-DPPR, 2005 (a)].

	1° inondation	2° inondation	Variation
<b>1° inondation en 1995 et deuxième en 2000 ou 2001</b>			
Indemnisation par l'assurance	10 000 €	15 000 €	+ 50 %
Estimation personnelle	18 000 €	21 000 €	+ 17 %
<b>1° inondation en 1995 et deuxième en 2000</b>			
Indemnisation par l'assurance	9 000 €	12 000 €	+ 33 %
Estimation personnelle	15 000 €	17 000 €	+ 13 %
<b>1° inondation en 1995 et deuxième en 2001</b>			
Indemnisation par l'assurance	11 000 €	12 000 €	+ 9 %
Estimation personnelle	21 000 €	22 000 €	+ 5 %

Table 1-1 Comparaison des estimations de dommages faites par les résidents et des indemnités des assureurs relevés lors des enquêtes auprès de 3 types de personnes ayant vécues deux inondations en 1995 et 2000 ou 2003 [CAMP'HUIS, DEVAUX-ROS, 2006]

La table 1-2 synthétise des données réelles sur 13 maisons atteintes par des hauteurs d'eau de 80 cm à 2 m pour des durées pouvant dépasser plusieurs jours [CAMP'HUIS, DEVAUX-ROS, 2006]. La durée de submersion semble être un facteur aggravant des dommages matériels.

	Nettoyage et assèchement	Immobilier (valeur à neuf)	Mobilier (valeur d'usage)
Pavillon en rez de chaussée 80 à 100 m <sup>2</sup>	2 500 €	30 000 €	16 000 €
Pavillon avec étage 80 à 120 m <sup>2</sup> au sol	3 000 €	20 000 €	14 000 €

Table 1-2 Arles 2003, exemples de coûts [CAMP'HUIS, DEVAUX-ROS, 2006]

#### 1.4.4.2 « Scénario du pire à dire d'expert »

La figure 1-7 de la page suivante a été réalisée dans le cadre de mes travaux de recherche afin d'illustrer l'ensemble des dommages matériels directs (ex : papiers peints dégradés) et indirects (ex : relogement) susceptibles d'affecter un habitat de plain pied lors d'une inondation. L'illustration représente également les coûts estimés des dommages pour une inondation lente avec une hauteur d'eau de 150 cm et d'une durée de 3 jours sur une maison de 100 m<sup>2</sup> de plain-pied. Ce scénario a été réalisé à partir de l'expérience et des données qui nous ont été transmises par un expert en assurance et montre un coût global de dommages de 87 000 euros.

Compte tenu des conditions d'inondation, du type constructif et dans certains cas de la durée des travaux de remise en état<sup>17</sup> de l'habitat, les habitants peuvent être amenés à supporter un coût de relogement.

---

<sup>17</sup> Lorsque, les entreprises et les artisans du bâtiment sont sinistrés ou fortement mobilisés et peinent à maintenir leurs services face à la demande accrue des sinistrés, le délai de remise en état de l'habitat peut être prolongé.



Figure 1-7 "Scénario estimatif pour une maison de 100 m<sup>2</sup>"

A noter également que le seuil de 50 cm est considéré comme dangereux car il correspond à la limite des possibilités de déplacement d'un adulte à pied [MEDD-DPPR, 2005 (b)].

## CONCLUSION

L'évolution socio-économique et politique de la société a conduit à faire évoluer l'habitat individuel dans son architecture, sa forme, sa structure mais également dans sa localisation géographique. Nous sommes passés d'un habitat traditionnel construit et adapté au milieu physique à une « prolifération » de formes et de matériaux « industrialisés » et « standardisés ». Au détriment d'une stratégie d'aménagement du territoire menée dans les années 70, l'essor de l'habitat en continuité des bourgs anciens et en marges des grandes villes témoigne d'un nouveau mode de vie auquel aspire la majorité des ménages. « La campagne idéale est devenue une alternative aux excès de l'urbanisation » [BOURLIER, 2002].

Conjugué à la croissance démographique, aux aides à l'investissement, au prix du foncier et à l'aspiration des ménages pour cette forme d'habitat, le marché immobilier est dynamisé et renforce la consommation des espaces périurbains et ruraux débutée dans les années 70. Parallèlement, l'essor du marché de l'ancien est corrélé à l'investissement des ménages dans les travaux de rénovation. L'habitat traditionnel construit et adapté au milieu physique est alors réapproprié et réaménagé. Compte tenu du coût des matériaux et de la raréfaction de l'artisanat compétent, rares sont les rénovations qui conservent les techniques et matériaux de construction anciennes. Par conséquent, la structure de l'habitat traditionnel perd de ses propriétés et n'est plus adaptée aux contraintes du milieu physique.

Au regard du panel des techniques et des matériaux de construction qui se sont développés ces dernières années, il est difficile de disposer d'une représentation exhaustive des matériaux qui composent l'habitat existant et futur. D'après nos recherches, les modes traditionnels se raréfient au profit d'un mode constructif « industrialisé » à moindre coût. Néanmoins, l'influence des spécificités locales persiste dans certaines régions. De manière générale, l'évolution de la construction de l'habitat individuel tend vers un habitat de plain-pied, plus spacieux et majoritairement construit en parpaing et briques (sauf particularités locales). Les matériaux du second œuvre quant à eux sont très divers et dépendent des nouvelles préoccupations énergétiques.

Facteur d'étalement urbain depuis les années 70, tant privilégié pour sa qualité de vie, l'habitat est le reflet de logiques individualistes et économiques qui ont conduit à construire dans des zones inondables où les conséquences d'une inondation remettent en cause les relations de sécurité physique et psychologique que les occupants entretiennent avec leur habitat. Outre les dommages structurels et matériels, l'atteinte physique et psychologique aux

particuliers et les délais de remise en état de l'habitation mettent en évidence des vulnérabilités structurelles, matérielles, fonctionnelles et humaines.

## **CHAPITRE 2 - LA REDUCTION DE LA VULNERABILITE DE L'HABITAT EXISTANT ADOSSEE A LA POLITIQUE PUBLIQUE DE PREVENTION**

Le chapitre précédent a été consacré à la définition et la présentation de notre objet d'étude. L'habitat individuel s'est développé au rythme des exigences sociales des Trente Glorieuses et en l'absence d'inondations de grande ampleur s'est affranchi de l'héritage architectural et urbanistique de l'habitat ancien construit dans les plaines inondables. Les conséquences dommageables des inondations qui se sont succédées depuis, ont souligné l'absence d'intégration du risque inondation dans la construction et l'aménagement de l'existant tout en révélant des vulnérabilités matérielles, structurelles mais également humaines et sociales qui viennent souligner les lacunes de la politique publique de prévention.

En partant de ce constat, le présent chapitre dresse un bilan non exhaustif des objectifs de la politique publique et des limites d'applications des outils actuels en matière de réduction de la vulnérabilité de l'habitat existant. Un état de la connaissance de cette vulnérabilité dans les secteurs public et privé, avec des références de cas étrangers, complète l'analyse des avancées dans ce domaine.

La première section de ce chapitre s'attache à comparer les anciennes procédures d'urbanisme avec l'instrument phare des pouvoirs publics qu'est le Plan de Prévention des Risques en matière d'Inondation (PPRI). Ceci afin de mettre en avant l'évolution de la prise en compte du risque au regard des préoccupations des pouvoirs publics du moment.

Une succession d'évènements catastrophiques ont fait prendre conscience aux pouvoirs publics de la vulnérabilité de l'« existant » (ex : habitat). De fait, une série de textes législatifs et réglementaires sont destinés à mettre en œuvre une politique dite de « mitigation » tout en renforçant la concertation et les compétences des acteurs locaux en matière de réduction de la vulnérabilité. De cette prise de conscience est né un nouvel instrument : le diagnostic de vulnérabilité, développé dans le cadre d'une logique de projet.

La deuxième section de ce chapitre souligne l'émergence du diagnostic de vulnérabilité comme un moyen préalable à l'action de la politique de mitigation. Cette section relève également les difficultés de financement d'élaboration de la méthode de diagnostic (absence d'outil « standard ») et/ou de la mise en œuvre des mesures en résultant, mettant en cause son déploiement et donc sa pérennité à l'échelle nationale.

Enfin, un état de la connaissance sur la vulnérabilité de l'habitat dans les secteurs publics et privés est abordé dans la troisième section de ce chapitre.

## **2.1 Approche institutionnelle de la réduction de la vulnérabilité de l'habitat existant**

La présente section a pour objet de montrer l'évolution de la sensibilité des institutions face à la vulnérabilité de l'habitat avec comme aboutissement un instrument jugé insatisfaisant en matière de réduction de la vulnérabilité.

La première partie de cette section dresse un rapide historique des méthodes d'élaboration des procédures d'urbanisme au regard des préoccupations des pouvoirs publics du moment avec le PPR comme instrument actuel de la politique publique de prévention. Il s'agit de comprendre, en partie, pourquoi et à quel moment, les institutions ont pris conscience de la vulnérabilité de l'habitat existant face à l'inondation et qu'elle en a été l'évolution.

La deuxième partie de cette section constate les contraintes d'application du Plan de Prévention des Risques (PPR) au niveau local et dresse des conséquences en matière d'incitation à la prévention auprès des collectivités locales et par conséquent auprès du particulier.

### **2.1.1 Historique des procédures d'urbanisme (PSS, R111-3, POS, PER)**

#### 2.1.1.1 Des procédures « raisonnées protection »

##### 2.1.1.1.1 Les Plans de Surfaces Submersibles (PSS)

Les Plans de Surfaces Submersibles (PSS) ont été instaurés par le décret de loi du 30 octobre 1935 et du 20 octobre 1937. Ils constituent le premier outil réglementaire permettant de contrôler les demandes d'occupation des sols dans les zones submersibles et ceci dans les limites des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC). L'objectif était d'identifier les surfaces submersibles afin d'adapter au mieux les constructions et les ouvrages susceptibles de faire obstacles aux libres écoulements des cours d'eau et ainsi préserver les champs d'expansion de crues.

Le dossier du PSS était constitué : de plans cadastraux, sur lesquels étaient reportées les zones inondables, d'une carte de localisation et d'une notice d'information. Le zonage était défini selon les caractéristiques hydrologiques de l'inondation (hauteur de submersion et vitesse

d'écoulement) au détriment d'une appréciation socio-économique des enjeux [RELIANT, 2004 ; RELIANT et HUBERT, 2004].

Néanmoins, les PSS prescrivait des tertres pour surélever l'habitat. Les plaines inondables du Val de Loire ou de l'Aude ont hérité de ces mesures prises dès l'Antiquité. Ces buttes « insubmersibles » avaient pour avantages d'éviter tout désagrément d'une inondation sur les personnes et les biens. A titre d'exemple, les prescriptions du PSS de la Moselle prévoyait d'une part, de ne pas augmenter la surface du bâti au sol afin de ne pas aggraver les conditions d'écoulement des eaux en période de crue. D'autre part, ces prescriptions autorisaient « les constructions d'une superficie égale ou supérieure à dix mètres carrés, qui ne comportaient, entre le niveau du sol et celui qui atteignit les plus hautes eaux connues, que des piliers isolés ». Aujourd'hui, ces mesures semblent avoir disparu des nouvelles constructions et n'apparaissent plus dans les nouveaux documents réglementaires.

Selon certains auteurs, l'impact des PSS est resté très limité [POTTIER and al., 1998]. La procédure était imprécise. Elle ne considérait pas la gravité du risque et ne permettait pas un contrôle efficace de l'urbanisation [BOURRELIER, 1997].

#### 2.1.1.1.2 En passant par les Périmètres de Risques (PR) trop limités

Des mesures générales de prévention des risques sont apparues dans le Code de l'Urbanisme en 1955. Les articles R111-2 et R111-3 (abrogés depuis 1995) prévoyait d'interdire ou de soumettre les constructions à des conditions spéciales dans un périmètre des zones exposées à divers risques (avalanche, inondation, etc.). En matière d'inondation, la délivrance des permis de construire obéissait à la prise en compte des Périmètres de Risques (PR) pour lesquels étaient définis les Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) [LAGANIER, 2006]. Contrairement au PSS, le R 111-3 dépassait les aspects hydrologiques et gérait l'occupation des sols en zone inondable sans toutefois avoir d'application sur les règles de constructions [GERIN, 2011]. La mise en œuvre de ce dispositif est restée très limitée en raison des contraintes de constructibilité qui étaient imposées aux collectivités. Selon [LEDOUX, 2006], il semblerait que « cette procédure ait été peu appliquée » et qu'elle était perçue comme une entrave au développement économique de la commune [POTTIER and al., 1998].

#### 2.1.1.1.3 Un plan d'Occupation des Sols (POS) non prioritaire

Il faudra attendre la loi d'orientation foncière de 1967 pour que le risque inondation soit intégré dans les stratégies d'aménagement et de développement des communes. Opposable aux tiers, le Plan d'Occupation des Sols (POS), aujourd'hui devenu Plan Local d'Urbanisme

(PLU), établit des zones (ND) comprenant les zones inondables au sein desquelles l'urbanisation doit être contrôlée (soit exclu définitivement ou temporairement) [LAGANIER, 2006]. Mais face à l'urbanisation déjà « galopante » des années 60-70, l'Etat et les élus locaux avaient davantage privilégié une politique sociale et un développement économique des territoires au détriment d'une politique foncière relative à la maîtrise de l'occupation en zone inondable.

Au regard de l'évolution de ces anciennes procédures d'urbanisme, les préoccupations en matière de développement économique et sociale des territoires ont amené à urbaniser des plaines inondables sans intégrer le risque inondation dans la construction de l'habitat individuel. Les tertres prescrits dans les PSS ont peu à peu disparu des nouvelles constructions. Conjugué à l'absence de grandes inondations durant ces décennies, l'Etat était conforté dans l'idée que les mesures structurelles (ex : barrages, digues, etc.), développées depuis les premiers outils réglementaires des années 30, étaient en capacité de limiter l'impact de l'aléa et par conséquent réduisaient le risque.

A la suite des inondations<sup>18</sup> catastrophiques des années 80-90, le « réveil fut difficile » pour les pouvoirs publics. Ces derniers entreprirent de renforcer la maîtrise de l'occupation des sols en zone inondable en intégrant l'analyse de la vulnérabilité des enjeux dans la cartographie réglementaire.

#### 2.1.1.2 Vers des procédures « raisonnées prévention » : Le Plan d'Exposition des Risques (PER)

La loi du 13 juillet 1982 (Article 5 de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982) relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles suivie du décret d'application du 3 mai 1984 instaurent une nouvelle forme de carte réglementaire par l'intermédiaire des Plans d'Exposition aux Risques (PER).

A la différence de ces prédécesseurs, le PER prévoyait l'application de mesures sur le bâti existant censées réduire le coût des dommages matériels (décret 1984). A travers ce plan, les pouvoirs publics ont souhaité mettre en place une véritable méthodologie scientifique destinée à apprécier la vulnérabilité des enjeux et à évaluer le coût des dommages potentiels. La procédure s'appuyait d'une part, sur une modélisation hydrologique et hydraulique dont l'objectif était de décrire « objectivement l'aléa à l'échelle de sections de cours d'eau homogènes, à partir de variables quantitatives (hauteur de crue, vitesses d'écoulement, durée

---

<sup>18</sup> Nîmes en 1988, Vaison-la-Romaine en 1992, Rhône en 1993 et 1994

de submersion » [LAGANIER, 2006] et d'autre part, sur une connaissance socio-économique des enjeux [RELIANT et HUBERT, 2004]. Cette démarche était tout à fait crédible dans la mesure où une meilleure connaissance socio-économique des enjeux aide à justifier la pertinence économique des mesures réglementaires et permet de mener une politique locale adaptée [RELIANT et HUBERT, 2004]. D'autres textes législatifs et réglementaires ont complété ce dispositif notamment la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987<sup>19</sup> qui introduit le risque et les bases juridiques relatives à l'information préventive aux citoyens sur lesquelles nous reviendrons par la suite.

#### 2.1.1.2.1 Le PER, une méthodologie scientifique et technique fondée sur une approche quantitative contraignante

La méthodologie développée consistait à élaborer quatre documents [GARRY, 1994] :

- la Carte Informatrice des Crues Historiques (CICH) qui synthétise les observations relatives à la manifestation, l'extension et les conséquences dommageables des PHEC,
- la carte des aléas qui illustre une hiérarchisation de l'intensité des phénomènes sur un plan topographique à grande échelle (1/5000<sup>e</sup>),
- le plan de vulnérabilité qui s'appuie sur un découpage du territoire communal effectué sur un assemblage cadastral,
- le Plan d'Exposition aux Risques (PER) cartographié au 1/5000<sup>e</sup> et découpé en trois niveaux d'exposition aux risques.

Basés sur la crue de référence centennale, ces PER prévoyaient d'une part, l'interdiction de nouvelles constructions et l'instauration de « mesures techniques » sur le bâti existant dans les zones les plus exposées et d'autre part, la prescription de travaux pour l'existant dans les zones les moins exposées, associée à l'instauration de mesures de réduction de la vulnérabilité sur les constructions nouvelles autorisées (ex : densité du bâti, orientation, emprise au sol, type de matériau utilisé, etc.).

L'ensemble des mesures devaient être prises en charge par les propriétaires mais l'obligation de mise en conformité des constructions existantes et antérieures au PER était considérée comme une contrainte forte par les acteurs locaux [DOURLENS, 2003].

---

<sup>19</sup> Loi abrogée par la loi du 13 Août 2004, relative à la modernisation de la sécurité civile, codifiée par l'article R125-11 du Code de l'Environnement.

#### 2.1.1.2.2 Une méthodologie des PER remise en question

Ce PER s'est très vite heurté à de multiples obstacles. Selon [BOURRELIER, 1997], trois causes sont à l'origine de cet échec : une méthodologie d'application floue, un niveau de précision exigé à la parcelle dépassant les besoins, une procédure imposée par l'Etat sans concertation avec les élus locaux pour qui l'outil était perçu comme une entrave au développement économique des communes. Le manque de liberté des acteurs locaux pour déterminer les mesures contenues dans le PER expliquait les réticences [DOURLENS, 2003]. « La traduction des informations collectées en prescriptions juridiques découlaient d'une démarche technique appliquée par le « haut » sans concertation et considération des spécificités locales » [DOURLENS, 2003].

Alors que les objectifs fixés par les PER étaient d'évaluer les dommages potentiels, l'appréciation de la vulnérabilité se limitait à recenser le nombre d'habitations en zone inondable et leurs expositions au détriment d'une évaluation de la vulnérabilité individuelle, entraînant une inadéquation des « mesures techniques » de prévention.

Lourde d'application, la procédure était également jugée « chronophage et coûteuse ». L'objectif de précision de la carte des aléas avait une incidence financière non négligeable dans la mesure où le fond de plan n'était pas compatible avec le modèle hydraulique pour lequel la précision altimétrique était d'environ 20 centimètres [GARRY, 1994].

En 14 ans seuls 440 PER ont été approuvés sur les 2000 annoncés [LAGANIER, 2006]. De fait, l'échec de cette procédure remettait en cause les attentes de la profession de l'assurance concernant la responsabilisation des propriétaires et des collectivités en matière de réduction de la vulnérabilité. Les liens initialement prévus entre indemnisation et prévention n'ont pas abouti.

Face à ce nouvel échec et à la recrudescence des inondations qui ont fortement secoué l'opinion publique par leurs conséquences socio-économiques spectaculaires dans les années 90, l'Etat réforme en février 1995 et renforce la politique réglementaire en instaurant le Plan de Prévention des Risques (PPR)<sup>20</sup> pour lequel la procédure d'élaboration a été simplifiée. La préoccupation de l'Etat ne consiste plus seulement à agir sur l'augmentation de l'exposition des enjeux en zone inondable mais il s'agit également d'agir sur l'habitat individuel existant.

---

<sup>20</sup> La loi Barnier n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection et de l'environnement a également créé le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM).

## 2.1.2 Le PPR, outil de prévention remis en cause

Nés de la loi « Barnier » n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection du code de l'environnement, les Plans de Prévention de Risques Naturels (PPRN)<sup>21</sup> se sont substitués aux anciennes procédures d'urbanisme (PSS, R111-3 et PER).

En matière d'inondation, le PPRI constitue une servitude d'utilité publique devant être annexée au Plan Local d'Urbanisme<sup>22</sup> (PLU) voire aux Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT). Les prescriptions des mesures des PPR sur le bâti existant ont été précisées par l'article 5 du décret n°95-1089 du 5 octobre 1995, la circulaire du 24 avril 1996 puis complétées par la circulaire du 21 janvier 2004.

Le Fond de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM) est également créé par la loi Barnier. Ce fond est utilisé depuis sa création pour financer des mesures destinées à libérer les zones de danger (expropriations, acquisitions amiables, évacuations et relogements temporaires). Elargi depuis 2003, il finance jusqu'à 40% du coût des mesures prescrites dans les PPR.

### 2.1.2.1 Les limites méthodologiques des PPR

En considérant l'occupation du sol et les enjeux identifiés comme sensibles économiquement ou stratégiquement, les autorités administratives élaborent un plan réglementaire privilégiant les territoires où les enjeux sont importants. En concertation avec les élus locaux, les services de l'Etat définissent ainsi les zonages réglementaires par l'analyse de l'aléa et l'appréciation des enjeux. A l'issue de cette concertation, les services instructeurs élaborent la carte du zonage réglementaire en délimitant les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires et/ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde [PONDAVEN, 2010].

---

<sup>21</sup> Articles L562-1 et L562-2 du Code de l'Environnement. Codifiés aujourd'hui aux articles L. 562-1 à L. 562-9 du Code de l'Environnement, d'autres textes législatifs et réglementaires ont complété ce dispositif notamment avec la loi Bachelot dite « Risques » du 30 Juillet 2003 puis la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 Août 2004 et le décret du 04 Janvier 2005.

<sup>22</sup> La Loi 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (SRU) a remplacé les anciens Plans d'Occupation des Sols (POS).

Contrairement au PER, la cartographie de l'aléa présente dans les PPR offre, aux services de l'Etat, la possibilité de choisir entre deux méthodes de définition des Atlas des Zones Inondables (AZI)<sup>23</sup>. L'une est réalisée selon une démarche déterministe ne rendant compte que de l'étendue de la zone inondable, l'autre est une démarche probabiliste dont la crue de référence est centennale ou historique (PHEC). La cartographie des zones inondables issue de la méthode hydrogéomorphologique est généralement représentée au 1 / 25 000<sup>e</sup> contrairement à la cartographie issue de la méthode hydraulique qui est utilisée au 1 / 5000<sup>e</sup>. Cette seconde méthode est généralement plus onéreuse et se trouve être moins répandue sur le territoire national [CHEMITTE, 2008]. La carte de la figure 2-1 met en avant l'hétérogénéité des méthodes de définition de l'aléa et par conséquent des disparités sur l'information et la précision de ce dernier.

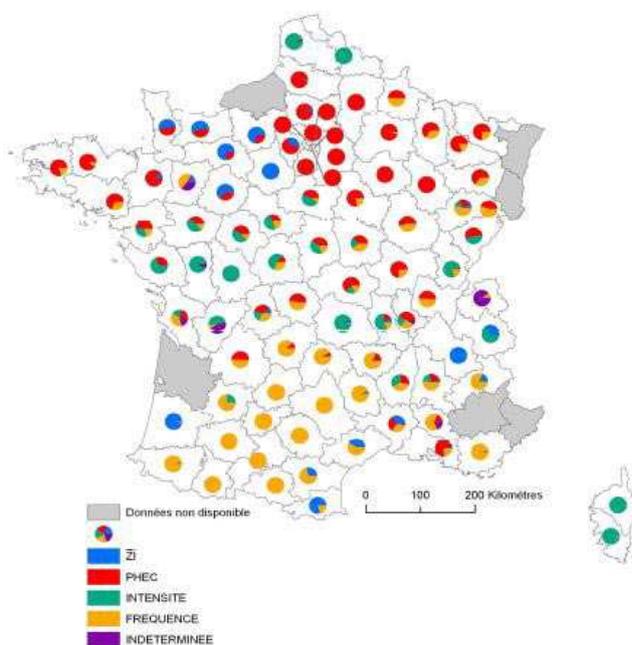


Figure 2-1 Classification des AZI selon leur méthode de production et le niveau d'information disponible [CHEMITTE, 2008]

<sup>23</sup> Les Atlas des Zones Inondables (AZI) se réalisent selon deux méthodes aux choix :

- Hydrogéomorphologique : Cette méthode est basée sur une représentation du lit majeur du cours d'eau, i.e. une crue dite « morphogène ». Elle permet d'avoir une visualisation de terrain, de connaître les paramètres géologiques des lits et l'occupation du sol. Elle s'effectue à l'aide d'une photo aérienne et d'enquêtes de terrain. Cette méthode est la plus récente et la plus répandue de part ses faibles coûts.
- Hydraulique : Cette méthode est basée sur la crue de référence centennale ou les PHEC lorsque celle-ci sont supérieures. La méthode est réalisée à l'aide d'études scientifiques de mesures recensant les profils de pente, les hauteurs d'eau, et les vitesses d'écoulement. Le résultat obtenu peut être une modélisation de terrain ou des cartes d'aléa où une distinction est faite entre les zones en fonction des hauteurs d'eau et de la vitesse d'écoulement. Cette méthode est plus coûteuse que la précédente et est généralement réalisée lorsque les enjeux sont importants.

Ces méthodes offrent un seul scénario historique et au mieux trois qualitatifs (très fréquent, fréquent, exceptionnel). Il est alors difficile de parler de cartes d'aléa puisqu'elles n'indiquent pas les paramètres physiques associés, notamment la hauteur d'eau, la durée de submersion et la vitesse d'écoulement pour une période de retour donnée.

Or, ces paramètres sont essentiels pour apprécier la vulnérabilité et proposer des mesures de prévention adaptées.

Dans le cadre de la réalisation des Plans de Gestion des Risques Inondations (PGRI) imposés à tous les Etats Membres par la Directive Inondation, on peut s'attendre à une amélioration de la production de ces Atlas des Zones Inondables AZI (trois scénarios de fréquence sont demandés).

D'autre part, l'estimation des dommages potentiels prévus initialement dans les PER, mais finalement non appliquée, n'a pas été reprise dans les PPRI. Seule une démarche qualitative consistant à apprécier l'exposition des enjeux subsiste au détriment d'une appréciation socio-économique de ces derniers. Or, conjuguée aux limites de définition de l'aléa, l'absence d'évaluation socio-économique des enjeux exposés aux inondations ne permet pas d'apprécier la vulnérabilité de l'habitat individuel et par conséquent de mettre en place des mesures de prévention adaptées. De fait, la rentabilité économique des mesures de prévention à l'échelle de l'habitat des particuliers pour un aléa donné est difficilement quantifiable. Ces préoccupations apparaissaient déjà dans les travaux de [TORTEROTOT, 1993].

Ceci explique, en partie, les limites d'application des mesures prescrites dans les PPR. Même si aujourd'hui les PPR sont accompagnés de mesures sensées assurer la sécurité des biens et des personnes pour une crue majeure (ex : historique ou centennale), les prescriptions les plus simples (ancrage de la citerne de fioul, clapet anti retour, etc.) sont rarement rendues obligatoires contrairement aux précisions données par la circulaire du 21 janvier 2004<sup>24</sup>. Les solutions proposées restent modestes et non individuelles [SALAGNAC et BESSIS, 2006]. L'absence de hiérarchisation des mesures selon leur coût de rentabilité n'est également pas incitative pour les particuliers.

D'autre part, un manque de concertation avec les professionnels du bâtiment tels que les architectes amène à négliger la nature et le caractère vulnérable des enjeux lors de l'application du PPRI. Les mesures proposées ne sont pas toujours compatibles avec la

---

<sup>24</sup> La circulaire du 21 janvier 2004 précise que « les mesures doivent être inscrites dans les PPR et rendues obligatoires ».

réglementation locale existante (ex : les ouvertures sur le toit se heurtent aux exigences des architectes des Bâtiments de France (ABF)). De fait, ceci remet également en cause les précisions données par la circulaire de 2004<sup>25</sup>.

Une étude du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) pointe également du doigt le besoin de qualifier les comportements des matériaux prescrits dans les PPRI. A ce jour, il n'existe aucune étude sur la typologie des matériaux de construction à préconiser dans les zones inondables. Comme l'indique les travaux du CSTB [SALAGNAC, 2006] : « Les règles de construction actuelles ne prennent pas en compte des sollicitations, notamment l'immersion prolongée, des matériaux et ouvrages comparables à celles qu'ils sont susceptibles de subir lors d'inondation ».

Or, une des phrases contenues dans certains PPRI mentionne « il est utile d'imposer la mise hors d'eau des réseaux et équipements et l'utilisation de matériaux insensibles à l'eau lors d'une réfection ou d'un remplacement ». L'étude du comportement d'un matériau à l'eau n'a semble-t-il pas grand intérêt pour le CSTB car un ouvrage est un assemblage de matériaux dont les comportements sont différents et interagissent entre eux.

Le PPR se veut être un document valant servitude d'utilité publique annexé au PLU visant à réduire les conséquences des catastrophes naturelles en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées et en limitant les zones exposées au risque. Or, en considérant les limites méthodologiques évoquées précédemment, l'aléa défini au 1/25 000<sup>e</sup> dans le PPR n'est pas adapté au PLU, réalisé au 1/5000<sup>e</sup>.

D'autre part, avant tout fondée sur l'aléa, la cartographie réglementaire du PPR ne prend pas suffisamment en compte les spécificités locales. « Les cartes des PPR appelées cartes de vulnérabilité sont en réalité des cartes d'exposition des enjeux ne prenant pas en compte les facteurs inhérents de fragilité de ces derniers » [VEYRET et REGHEZZA, 2006].

#### 2.1.2.2 Des lacunes induites par les limites d'application des PPRI

Une série de textes réglementaires et législatifs sont venus compléter ce dispositif notamment avec la loi Bachelot dite « Risques » du 30 Juillet 2003, la loi de modernisation de la sécurité

---

<sup>25</sup> « Les professionnels du bâtiment doivent proposer aux maîtres d'ouvrage les moyens de renforcer la résistance des constructions existantes aux dommages qu'elles subissent ou sont susceptibles de subir. En outre, il s'agit de valoriser toutes les initiatives, savoir-faire et traditions locales qui permettent de protéger et d'adapter les habitations au moment de la crue ».

civile du 13 Août 2004, le décret du 12 Janvier 2005 et l'article L. 125-5 du Code de l'Environnement du 1er juin 2006.

#### 2.1.2.2.1 L'information préventive conditionnée par la prescription ou l'approbation d'un PPRI

La loi n° 87-565 sur l'organisation des secours du 22 juillet 1987 modifiée par les articles L. 125-2 et R125-10 du Code de l'Environnement (CE) mentionne : « Les citoyens ont droit à une information sur les risques majeurs (...). Dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L. 125-1 du code des assurances ». Le maire des communes faisant l'objet d'un PPR doit élaborer un Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)<sup>26</sup> afin de porter à connaissance du public les informations sur le risque inondation.

L'article L. 125-5 du Code de l'Environnement du 1<sup>er</sup> juin 2006 met en vigueur l'obligation, introduite par la loi du 30 juillet 2003, d'Information des Acquéreurs et des Locataires (IAL) de biens immobiliers sur les risques naturels et technologiques majeurs. Lorsque le bien immobilier est situé dans une commune couverte, entre autre, par un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN), prescrit ou approuvé, le vendeur ou le bailleur doit informer l'acquéreur ou le locataire de l'existence des risques lors de toute transaction immobilière. Selon le Mémento du Maire<sup>27</sup>, cette nouvelle obligation vient renforcer le schéma réglementaire d'information préventive en responsabilisant davantage les citoyens. « Cette nouvelle procédure fait entrer la prévention des risques dans la vie courante et devrait permettre de contribuer à faire du citoyen un acteur plus responsable, mieux à même de se protéger et de participer à la protection de ses concitoyens, ce qui représente un des grands objectifs de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile ».

En l'absence d'approbation ou de prescription d'un PPR, l'information préventive auprès des particuliers n'est pas assurée. Seule l'information sur les Plus Hautes Eaux Connues (PHEC)

---

<sup>26</sup> Article R 125-11 du Code de l'environnement

<sup>27</sup> <http://www.mementodumaire.net/index.htm>

à travers le repère de crue<sup>28</sup> apposé sur le territoire de la commune fait l'objet d'un porté à la connaissance des particuliers. Par conséquent, l'absence d'information préventive empêche de développer toute connaissance du risque par les particuliers.

#### 2.1.2.2.2 L'organisation des secours conditionnée par l'approbation d'un PPRI

Selon l'article 1 du décret n° 2005-1156 du 13 septembre 2005 « Le plan communal de sauvegarde définit, sous l'autorité du maire, l'organisation prévue par la commune pour assurer l'alerte, l'information, la protection et le soutien de la population au regard des risques connus ».

L'article 8 de ce même décret impose la réalisation d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) dans les 2 ans de l'approbation du PPR. « Les communes pour lesquelles le plan communal de sauvegarde est obligatoire doivent l'élaborer dans un délai de deux ans à compter de la date d'approbation par le préfet du département du plan particulier d'intervention ou du plan de prévention des risques naturels, ou à compter de la date de publication du présent décret lorsque ces plans existent à cette date ».

Or, un entretien avec le Chef du bureau de l'information préventive, de la coordination et de la prospective (BIPCP)<sup>29</sup> du MEDDTL, souligne le faible nombre de PCS sur le territoire national. Seulement 20 % des 10 000 communes réglementairement concernées ont mis en œuvre ce dispositif.

En l'absence de PCS, l'information sur le risque, sur l'alerte et les mesures de prévention et de sauvegarde ne sont pas assurées auprès du grand public et augmente ainsi la vulnérabilité de ces derniers.

#### 2.1.2.2.3 Le financement des mesures de prévention conditionné par l'approbation d'un PPRI

Le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (Fonds Barnier), créé par la loi Barnier, est alimenté par un prélèvement de 12% sur le produit des primes additionnelles relatives à la garantie CatNat des contrats d'assurance. La loi « Bachelot » n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques naturels et technologiques a élargi le champ d'intervention du FPRNM (article 69 et décret 12 janvier 2005) en prévoyant que les travaux réalisés par les

---

<sup>28</sup> Article L 563-3 du Code de l'Environnement

<sup>29</sup> Direction Générale de la Prévention des Risques, Service des Risques Naturels et Hydrauliques (SRNH)

particuliers et rendus obligatoires dans les PPR soient financés à hauteur de 40% (arrêté du 12 janvier 2005).

Les PPR, intégrant des mesures destinées à adapter le bâti existant pour assurer la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages matériels prévues par la circulaire de 2004, imposent la réalisation des travaux dans un délai de 5 ans à compter de la date d'approbation du PPR. Conformément à la loi, ces travaux ne doivent pas avoir d'incidence sur le bâti et par conséquent ne peuvent être que légers [SANSEVERINO-GODFRIN, 2008]. Leur coût ne doit pas dépasser 10 % de la valeur vénale du bien (article 5 du décret du 5 octobre 1995). Afin d'encourager les particuliers à leur mise en œuvre, des mécanismes de subvention ou de déductions fiscales ont été mis en place par l'Etat.

Des incitations fiscales (taxe locale d'équipement, taxe départementale des espaces naturels sensibles) ont été introduites par la loi Bachelot 2003 en faveur des propriétaires réalisant des aménagements (ex : création d'une zone refuge) prescrits par les PPR approuvés, sous la forme d'une exonération de la taxe locale d'équipement et de la taxe départementale des espaces naturels sensibles (article 1585 C du code général des impôts et 142-2 du code de l'urbanisme).

#### 2.1.2.2.4 Des règles de l'assurance conditionnées par l'approbation d'un PPRI

La volonté du législateur est d'inciter à la prévention du risque inondation en mettant en place un système de modulation de franchise en cas de non-respect des prescriptions préconisées par le PPRI<sup>30</sup> ou en cas de sa non-application. L'augmentation de cette franchise permet d'« Inciter chacun, en particulier les assurés et les collectivités locales, à prévenir les dommages consécutifs à une catastrophe naturelle » [Assemblée Nationale, 2010].

Le principe même de la modulation de franchise qui pèse sur les administrés est discutable. D'une part, ce système apparaît plus punitif que préventif. D'autre part, se pose la question de savoir pourquoi ce sont aux administrés de supporter la modulation de leur franchise assurantielle.

Cette incitation est en réalité détournée de ses objectifs. L'Assemblée nationale, dans son rapport d'information sur les raisons des dégâts provoqués par la tempête Xynthia en date du 1er juillet 2010, évoque la prescription de PPRI par l'Etat pour éviter la modulation de franchise mais remarque que ces derniers ne sont jamais approuvés. Un exemple mentionné

---

<sup>30</sup> L'article 69 de la loi Bachelot modifie le code des assurances par l'article L125-6.

par le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) est repris : « des habitants de 516 communes ont vu (...) leur franchise doubler à la suite de trois arrêtés de catastrophe naturelle au titre des inondations ayant eu lieu depuis le début de 2006 ». Un PPRI avait été prescrit, mais ce dernier n'avait jamais été approuvé. Cette procédure de prescription<sup>31</sup> neutralise la hausse de la franchise pendant une durée maximale de 5 ans mais ce mécanisme n'incite pas à l'approbation de ces plans. Cet outil est alors sous utilisé dans sa finalité de prévention.

L'ensemble des points abordés dans cette section met en évidence une évolution des anciennes procédures.

Au regard des limites méthodologiques évoqués précédemment, le PPR peut être jugé insatisfaisant pour apprécier la vulnérabilité de l'habitat. D'un côté, la définition de l'aléa n'est pas adaptée (incompatibilité d'échelles). De l'autre, la définition d'une véritable politique de réduction de la vulnérabilité a besoin non seulement d'une connaissance fine des caractéristiques socio-économiques des enjeux exposés mais également d'une connaissance de la période de retour de crue pour ainsi définir des mesures de prévention adaptées.

D'un point de vue juridique, l'absence d'approbation ou de prescription d'un PPR n'incite pas à la mise en place de mesures permettant de développer une véritable culture du risque par les individus. Les financements d'aménagements ne peuvent exister que si les mesures sont définies comme obligatoires dans les PPR approuvés depuis moins de 5 ans (Décret du 12 janvier 2005).

Le PPR peut être considéré comme un « outil de confort ». Les maires ont déjà des outils leur permettant de réglementer l'occupation des sols (ex : PLU, SCOT). L'effet constaté dans l'application des PPR recherché par certains maires pourrait être d'éviter une modulation de la franchise qui pèse sur leurs administrés. Ce type de fonctionnement ne favorise pas la prise de conscience du risque par la population et semble renvoyer à un manque de considération de la prévention.

Lors de la loi Bachelot, l'Etat transfère les compétences en matière de réduction de vulnérabilité aux acteurs locaux que sont les syndicats de bassin versant, devenus maîtres

---

<sup>31</sup> Annexe I de l'article A125-1 du Code des Assurances.

d'ouvrages dans des opérations de réduction de la vulnérabilité. La section suivante présente une nouvelle approche de l'évaluation de la vulnérabilité de l'existant par le diagnostic.

## **2.2 Le diagnostic de vulnérabilité, partie prenante de la mitigation**

Il a été montré précédemment que les acquis du passé en matière de réduction de la vulnérabilité de l'habitat ont été négligés si ce n'est, oubliés au profit des préoccupations sociales du moment. Face à la recrudescence et aux coûts récurrents des événements et compte tenu d'un PPR insatisfaisant, l'Etat envisage aujourd'hui de revenir progressivement sur des situations héritées du passé récent en matière d'urbanisme. La réduction de la vulnérabilité est « remise au goût du jour »<sup>32</sup> dans l'exercice d'une « politique de mitigation » dont l'objectif majeur est de rendre plus supportable les dommages (et leurs coûts) répétés et conséquents des inondations par la société [MEDD-DPPR., 2005 (a)]. Dans ce contexte, la Loi Bachelot du 30 juillet 2003 vient renforcer les compétences et les responsabilités des acteurs locaux tels que les EPTB<sup>33</sup> en tant que gestionnaires du risque inondation à l'échelle des Bassins Versants. Les syndicats mixtes, EPTB ou EPCI, en tant que maitres d'ouvrage, entreprennent de répondre à un des axes du plan Bachelot : « Elaborer et améliorer les plans de prévention des risques d'inondation et les mesures réductrices de la vulnérabilité des bâtiments (...) ». Pour ce faire, ces acteurs doivent développer leur propre méthode de caractérisation de la vulnérabilité des biens et des populations en zones exposées. Les objectifs sont les suivants : compléter les PPR où la vulnérabilité est encore peu traitée, favoriser la mise en œuvre de mesures de mitigation telles que l'information préventive et l'organisation des secours [MEDD-DPPR, 2005(a)]. L'accomplissement de ces objectifs s'opère dans le cadre de logiques de projets où la problématique de la vulnérabilité est envisagée de manière spécifique (risque) ou intégrée (urbanisme) [VINET, 2010].

Cette section présente les objectifs de la mitigation et le diagnostic de vulnérabilité de l'habitat comme outil privilégié d'opérations de réduction de la vulnérabilité menées par des acteurs locaux. Elle aborde également les modalités de financement de la mise en œuvre de cet instrument et passe en revue des obstacles à son déploiement.

---

<sup>32</sup> « Le risque inondation. Diagnostic et gestion », collection Sciences du Risque et du Danger (SRD), série innovations, Edition Tec et Doc Lavoisier. [VINET, 2010]

<sup>33</sup> Etablissements Publics Territoriaux de Bassin (EPTB)

La première partie de cette section s'attache à présenter les objectifs de la mitigation. Pour plus de précision, nous renvoyons aux travaux du géographe Freddy Vinet [VINET, 2010] sur les points relatifs aux aspects techniques et aux obstacles liés à la mise en place des mesures de mitigation susceptibles de compléter ou d'être à l'origine des mesures prescrites dans les PPR. Cette section introduit le diagnostic de vulnérabilité comme moyen préalable aux actions de mitigation.

A partir de retours d'expériences<sup>34</sup>, la deuxième partie de cette section, présente le cadre de mise en œuvre de l'outil diagnostic en mettant en avant la complexité et la difficulté de financement de sa mise en place et en relevant les difficultés rencontrées pour le financement des mesures de mitigation à mettre en place.

## **2.2.1 La mitigation comme solution à la réduction de la vulnérabilité**

### 2.2.1.1 Objectifs de la mitigation

Le terme mitigation vient du latin *mitigare* qui se traduit par adoucir. Fréquemment utilisée par les anglo-saxons, la mitigation vise à atténuer les dommages sur les enjeux existants pour les rendre plus supportables par la société. Cette notion s'intègre également dans une stratégie de développement durable, autrement dit, il s'agit de réfléchir à la rentabilité des moyens et des mesures à mettre en place pour rendre la mitigation efficace et pertinente en prévision des événements futurs. Cependant, du fait de son caractère prospectif, la mitigation peut être empreinte d'incertitude.

La stratégie de la mitigation se différencie de celle du PPR en considérant le citoyen comme un acteur de la gestion du risque. L'Etat prend aujourd'hui conscience de la nécessité de renouveler les mesures de réduction de la vulnérabilité en agissant non seulement sur le domaine structurel et matériel du bâti mais également sur la sécurité des personnes tout en développant une culture du risque.

En considérant que le risque zéro n'existe pas, il est nécessaire de développer des mesures simples et de bon sens qu'il s'agit de normaliser et dont la rentabilité doit être prouvée.

Pour satisfaire ces objectifs, Freddy VINET souligne la nécessité de prendre en compte les périodes de retour de crue dans la définition des mesures de mitigation à mettre en place. Compte tenu du nombre de victimes plus souvent dénombré lors de crues exceptionnelles, « le

---

<sup>34</sup> Quinze expériences de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques naturels. Quels enseignements ? et Etude de Cas. [MEEDDAT-DGPR (a) et (b), 2008]

niveau de protection recherché doit être maximal ». De fait, la crue centennale (ou la plus forte connue) doit être prise comme référence pour définir des mesures à prescrire dans les PPR. Pour la sécurité des biens, des équipements tels que des batardeaux ne seront rentabilisés que dans les zones où les crues sont plus fréquentes (ex : quinquennale, décennale, vicennale).

Dans sa thèse l'économiste Jean Philippe TORTEROTOT fait référence à la rentabilité économique des mesures individuelles de prévention. L'auteur souligne qu'un ensemble « trop complet » de mesures n'est pas rentable mais que des « jeux de mesures raisonnables » dégagent des bénéfices [TORTEROTOT, 1993]. A la suite d'une étude menée à Montauban, Jean Philippe TORTEROTOT démontre que les mesures de prévention et de protection ont réduit de moitié les dommages à l'habitat existant et ceci pour des submersions ne présentant pas un caractère exceptionnel. La mise en place de ces mesures dépend également d'un certain nombre de critères socio-économiques propres à chaque individu (ex : solvabilité, statut, etc.).

D'autre part, un ouvrage réalisé par la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) met en évidence le taux d'efficacité de certaines mesures de prévention à partir d'une analyse de retours d'expérience [EGLI, 2002]. A titre d'exemple, l'adaptation de l'usage des pièces dans l'habitat diminue de 25 à 50 % les dommages et l'adaptation des équipements de 0 à 25 %. En optant pour un chauffage au gaz ou en rendant la cuve à fioul résistante, les dommages peuvent être diminués de 50 %. Un taux d'efficacité allant de 25 à 100 % est mis en avant selon le degré d'action des mesures de construction préventives (ex : cave, sous-sol, vide sanitaire, etc.). Enfin, l'utilisation de matériaux résistant à l'eau permet de réduire les dommages potentiels de 15 à 35 % [EGLI, 2002 ; BARROCA, 2006].

Les mesures de mitigation renvoient également aux moyens mis en place pour informer et sensibiliser les particuliers au risque encouru. Si aujourd'hui l'objectif est de responsabiliser davantage le citoyen en tant qu'acteur de la gestion du risque, il est nécessaire d'inculquer le risque auprès de ce dernier en lui donnant les moyens nécessaires pour qu'il prenne conscience de sa situation.

#### 2.2.1.2 « Un ensemble de solutions techniques et de bonnes pratiques »

Cet ensemble ou « boîte à outils » est destiné à réduire les dommages aux biens et aux personnes.

### 2.2.1.2.1 Des mesures techniques d'adaptation du bâti

Plusieurs travaux anglo-saxons et hollandais [FLOODsite, 2009 ; DEFRA and EA, 2008 ; GERSONIUS, ZEBERGEN and al., 2008] ont montré la pertinence des mesures techniques d'adaptation visant à réduire ou supprimer les dommages potentiels des logements lors d'inondations lentes.

A la suite de l'analyse de certains de ces travaux [DEFRA and EA, 2008 ; GERSONIUS and al, 2008], le CEPRI a retenu trois stratégies d'adaptation « plus ou moins adaptées selon les situations » [CEPRI, 2009].

La « stratégie éviter » consiste à élever le plancher du bâtiment au-dessus des PHEC et à ainsi mettre le contenu hors d'atteinte de l'eau. La « stratégie résister » (dry waterproofing) entreprend de mettre en place des mesures destinées à empêcher l'eau d'entrer dans le bâtiment. Enfin la « stratégie céder » (wet waterproofing) laisse entrer l'eau tout en admettant que les matériaux de construction soient « résilient » (figure 2-2).



Figure 2-2 Trois stratégies techniques d'adaptation au risque [CEPRI, 2009]

Le CEPRI relève néanmoins un certain nombre de limites d'application de ces mesures relatives aux logements existants ou neufs et aux caractéristiques de l'aléa (durée de submersion et hauteur d'eau). Nous renvoyons aux travaux du [CEPRI, 2009] pour plus de détails concernant les caractéristiques de chacune de ces mesures et à leur rentabilité en fonction de périodes de retour de crue.

Un second exemple (figure 2-3) issu des travaux de recherche hollandais [FLOODsite, 2009] intègre la mise hors d'atteinte des équipements, des installations réseaux (et des personnes).

Ces exemples traitent à la fois l'existant et la construction.

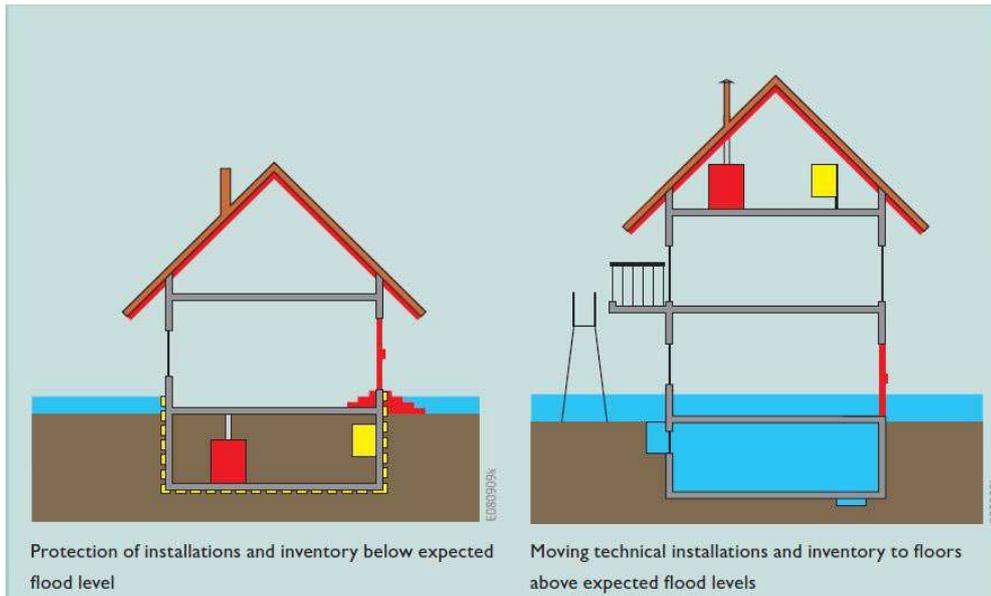


Figure 2-3 Exemple hollandais d'adaptation technique du bâti [FLOODsite, 2009]

A l'image des travaux anglo-saxons et hollandais, l'EPTB Saône et Doubs, par exemple, communique sur les mesures techniques d'adaptation du bâti existant (figure 2-4). L'ensemble de ces mesures peuvent représenter des travaux relativement lourds et coûteux. Des dispositifs plus légers peuvent également être envisagés pour limiter la pénétration de l'eau et ainsi réduire les dommages aux biens.

Les techniques de réduction de la vulnérabilité ont pour objectif commun de diminuer l'impact d'une inondation sur la vie et les biens des personnes. Ces techniques peuvent être réparties en plusieurs catégories, selon leur mode, leur lieu, ou leur période d'intervention. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples de solutions techniques, sèches ou en eau, applicables aux bâtiments d'habitation.

**TECHNIQUES « SÈCHES »**

L'objectif de ces techniques est de maintenir temporairement l'eau à l'extérieur de l'habitation. En complément de ces techniques, l'installation d'un pompage est généralement nécessaire.

**Ouvertures.**

Les ouvertures de portes ou fenêtres peuvent être closes par des dispositifs amovibles (batardaux) en partie basse. Les aérations basses peuvent être fermées temporairement par des caches spécialement prévus. Il est très important de ré-ouvrir toutes les aérations après l'inondation pour permettre un séchage efficace.

**Murs.**

L'étanchéité des murs extérieurs peut être augmentée en bouchant les fissures et en entretenant le joint. De manière temporaire, une bache étanche peut être fixée, lestée et drainée en partie basse des murs.

**Barrières temporaires.**

Sacs de sable, parpaings... Des techniques alternatives ou complémentaires existent sur le marché : murs de batardaux (barrières amovibles), boudins gonflés d'air ou d'eau...

**Réseaux.**

Un clapet anti-retour posé sur la canalisation de sortie des eaux usées (en amont du réseau ou du premier regard) permet d'éviter le refoulement de l'eau par l'intérieur. L'étanchéité autour des passages de réseau (gaz, eau potable) à travers les murs peut également être améliorée grâce à un simple mastic.

**TECHNIQUES « EN EAU »**

Contrairement aux techniques précédentes, celles-ci cherchent à adapter de manière permanente l'intérieur du bâti à la présence occasionnelle d'eau.

**Ré-hausse – Étage.**

La ré-hausse du plancher ou la création d'une pièce « refuge » hors d'eau à l'étage, permet de réduire la vulnérabilité humaine et matérielle aux inondations.

**Mobilier.**

Les meubles sensibles seront placés si possible hors d'atteinte de l'eau. Dans les pièces inondables seront privilégiés les meubles démontables, le bois plein. Les portes, fenêtres, chambranles et encadrements en PVC ou aluminium seront moins sensibles à la présence de l'eau.

**Murs.**

Il s'agit d'utiliser des matériaux qui ne s'imbibent pas et d'éviter le piégeage de l'eau entre deux couches imperméables. Seront privilégiés les murs pleins, des isolants rigides (polystyrène ou polyuréthane plutôt que laine de verre) et si nécessaire un enduit étanche et démontable et hydrofuge. Pour le revêtement, des peintures et enduits à la chaux, carrelages moniers et joints au ciment et à la chaux – matériel de salle de bain), crepis soûlement, seront indiqués.

**Électricité.**

Le relèvement des prises et interrupteurs à 90 cm au moins du sol est conseillé. Le réseau peut couvrir en haut des murs plutôt qu'au sol et être muni d'un tableau séparé pour le rez-de-chaussée inondable et de disjoncteurs différentiels à haute sensibilité (30 mA). Dans les murs, les fils pourront être placés dans des gaines plastiques pour faciliter leur séchage ou leur changement. La ré-hausse des compteurs (gaz – électricité) peut être effectuée avec l'accord du fournisseur.

**Chauffage.**

Une des priorités est de fixer, lester ou animer solidement la chaudière et la cave à fûts. Beaucoup de dégâts sont provoqués par leur arrachement et leur déplacement. Des vannes automatiques peuvent également être prévues pour couper l'alimentation des radiateurs (à l'arrêt en cas de choc, réduisant le risque de déversement et la souillure des murs et meubles).

**Cloisons.**

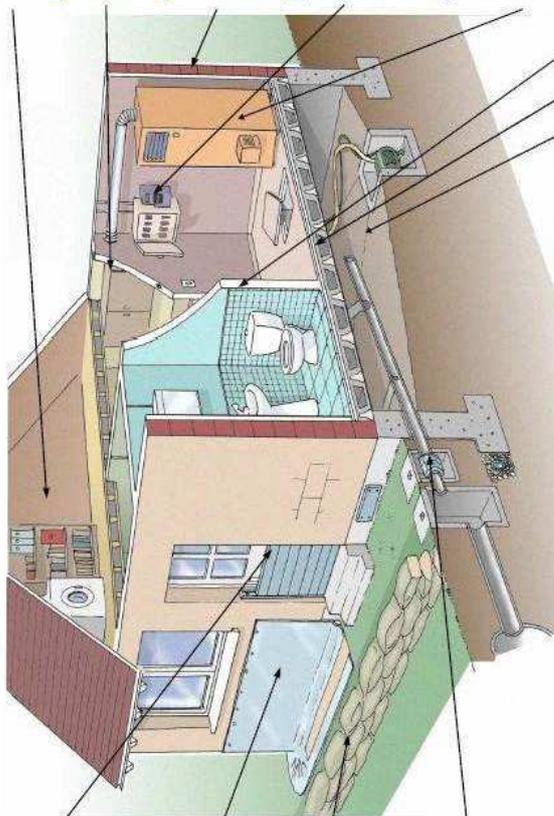
Les cloisons pleines maçonnées (en briques) sont préférables à du placo-plâtre. Si nécessaire, le placo-plâtre sera néanmoins choisi hydrofuge (plaques bleues) et si possible monté sur une ossature en métal inoxydable plutôt qu'en bois.

**Sols.**

Les carrelages sur chape béton seront les sols les moins sensibles à la présence d'eau. Si un plancher en bois doit malgré tout être conservé, on pourra privilégier des couvertures de sol facilement retirables pour le séchage (tapis, linoléum...).

**Vide sanitaire**

Le ravalement du rez-de-chaussée peut être l'occasion de créer un vide sanitaire. Pour faciliter son drainage, celui-ci peut être aménagé avec un sol incliné vers une fosse munie d'une pompe (11kW, générateur hors d'eau, clapet en sortie) et d'un accès (60x60 cm) pour l'intervention et l'aération.



<p><b>Les matériaux conseillés</b></p> <p>Il ne s'imbibent pas, ne réagissent pas à l'eau et séchent plus rapidement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux hydrofuges</li> <li>Enduits et peintures à la chaux</li> <li>Briques hydrofuges, béton plein</li> <li>Céramiques, carrelages</li> <li>Bois massif, PVC</li> <li>Acier inoxydable</li> <li>Polystyrène, polyuréthane</li> </ul>	<p><b>... et déconseillés</b></p> <p>Les matériaux qui s'imbibent, qui réagissent à la présence d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plâtre</li> <li>Moquettes</li> <li>Parquets</li> <li>Papiers peints</li> <li>Bois plaqué ou aggloméré</li> <li>Laine de verre, laine de roche</li> </ul>
---	---

**Il est important de noter que, pour les techniques « sèches » :**

- dans le cas de crues lentes assorties de remontées de nappe, ces aménagements peuvent se révéler inefficaces ;
- la structure du bâtiment n'est jamais conçue pour soutenir les fortes pressions exercées par l'eau. En règle générale, on ne cherchera pas à entretenir une différence de niveau de plus de 90 cm entre l'intérieur et l'extérieur ;
- du fait de leur aspect temporaire, ces techniques doivent être testées et vérifiées régulièrement (mise en place des batardaux, démarrage de la pompe, entretien du clapet, vérification des fissures extérieures...).

Figure 2-4 Techniques de réduction de la vulnérabilité sur le bâti existant (EPTB Saône et Doubs)

### 2.2.1.2.2 Equipements de protection (ex : batardeau)

Le batardeau est un exemple de solutions possibles. Il est considéré comme une « barrière anti-inondation » empêchant l'eau de pénétrer (figure 2-5).

Un annuaire des entreprises fabriquant et commercialisant cet équipement a été réalisé par l'EPTB Saône et Doubs. La commercialisation s'est largement développée depuis quelques années. En l'absence de toute norme de qualité et « afin d'éclairer les acheteurs potentiels, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a demandé au CSTB d'élaborer un protocole d'évaluation permettant de tester les performances des différents produits sur la base d'un même référentiel » [MEEDDAT - CSTB, 2009].

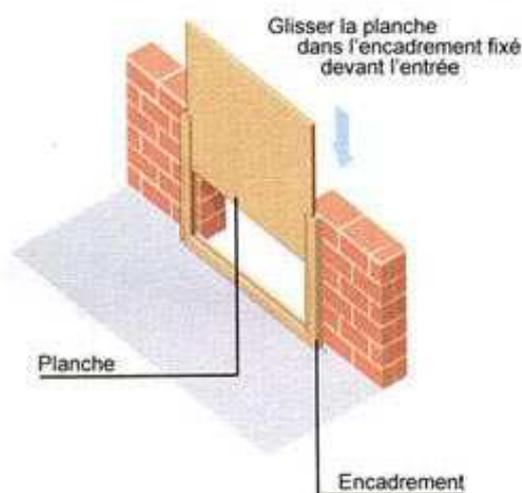


Figure 2-5 Un dispositif de batardeau [MEEDDAT - CSTB, 2009]

La hauteur de ce dispositif ne doit pas excéder un mètre [MEEDDAT - CSTB, 2009]. Au-delà, la pression de l'eau risquerait de fragiliser la structure de l'habitat et de mettre en péril la sécurité des personnes. Il est également conseillé d'utiliser ce dispositif pour des crues lentes suffisamment prévisibles pour garantir sa mise en œuvre.

L'analyse d'une centaine de dossiers sinistres de l'inondation d'Arles en 2003 a montré qu'un batardeau « artisanal » réalisé par un particulier en habitat de plain-pied pouvait atténuer sensiblement la hauteur d'eau au rez de chaussée de son habitat (figure 2-6). Etant l'unique cas d'étude dans l'analyse des dossiers sinistres, le particulier a été surnommé « Monsieur prévention ». Cette hauteur d'eau a été diminuée de 70 cm comparée à celle atteinte dans les pièces annexes (ex : garage et dépendance).



Figure 2-6 « Efficacité du batardeau artisanal » chez Monsieur Prévention

Compte tenu de la contrainte maximale d'un mètre de hauteur pour un batardeau, des facteurs additionnels (ex : topographie) peuvent expliquer une partie de la différence. De fait, ce niveau de « performance » du batardeau « artisanal » est discutable

Ce dispositif a néanmoins permis à « Monsieur Prévention » de ne pas être relogé contrairement à la plupart des sinistrés examinés.

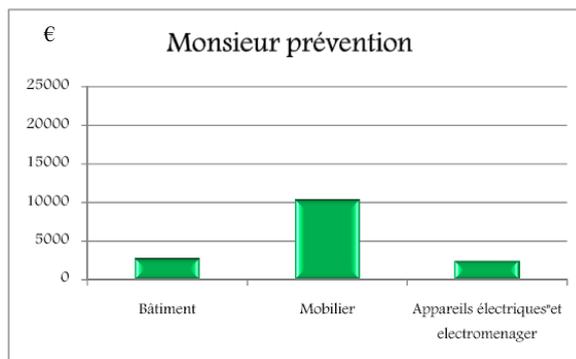
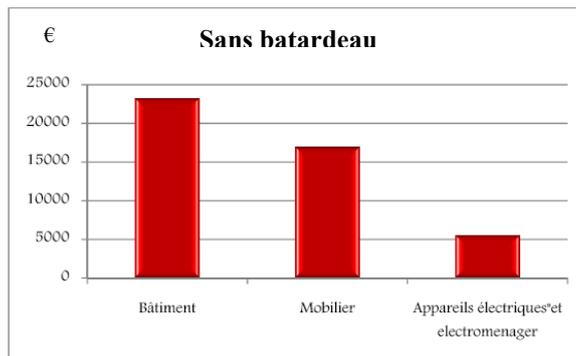


Figure 2-7 « Rentabilité » du batardeau artisanal

Tout en restant prudent sur les conclusions de l'analyse (un seul dossier) et sans vouloir généraliser, il est constaté cependant (figure 2-7) les dommages aux biens de « Monsieur Prévention » sont moindres (13 580 €) comparés aux particuliers sans dispositif (45 622 €).

Néanmoins nous nous sommes intéressés à calculer la rentabilité d'un batardeau. Ces résultats n'ont naturellement aucune pertinence scientifique et technique et restent simplement théoriques et approximatifs :

Coût moyen des devis de réparation pour tous types d'habitat :	40 000 €
Coût moyen des devis de réparation pour tous les habitats de plain-pied :	42 500 €
Coût du devis de Monsieur Prévention :	15 000 €
Economie pour Monsieur Prévention (42 500 - 15 000) :	27 500 €
Soit 65% du coût moyen supporté des réparations.	

Suite à cet exemple, il a été fait appel aux connaissances d'un expert en assurance pour réaliser une fiche pilote, intitulée « Réaliser soi-même un batardeau ». L'encadré de la figure 2-8 l'illustre, en partie. Les informations contenues sont relatives aux conditions d'utilisation d'un batardeau, aux outils et matériels nécessaires et énumère les étapes de réalisation du dispositif dont le coût avoisine les 75 euros.

L'exemple cité peut paraître anecdotique mais démontre qu'un particulier sensibilisé et avec du bon sens peut réduire la vulnérabilité de ses biens. Nous renvoyons aux nombreux guides sur les mesures d'adaptation du bâti et des équipements existants référencés en partie par [VINET, 2010].

Des mesures destinées à assurer la sécurité et la sûreté des personnes sont également à considérer.

**Outils et matériels :**

Une perceuse, des vis, une bande « Compriband », deux cornières métalliques en forme de U, une plaque de contre plaqué « marine » CTBX de 15 cm d'épaisseur et de longueur supérieure à la largeur de votre porte (pour la faire dépasser de 50 cm de chaque coté de votre ouverture)

**Coût de mise en œuvre du batardeau :**

Deux cornières 20x20x20mm hauteur 60 à 80 cm	12,60 €
Contre plaqué extérieur 15 mm maxi 1 m <sup>2</sup>	26,40 €
8 vis diamètre 6mm longueur 40 mm	4,00 €
Chevilles bleues diamètre 6/ 6.5mm	4,30 €
Colle silicone un tube	9,60 €
Pistolet à colle (support tube)	8,60 €
Mèche à béton diamètre 6 mm	4,00 €
Mèche à fer diamètre 6 et 8 mm	4,10 €

**total ttc 73,60 €**

Il faut se munir d'une perceuse à percussion qui fait aussi visseuse et devisseuse. Temps de travail pour un bricoleur maximum 2 heures.

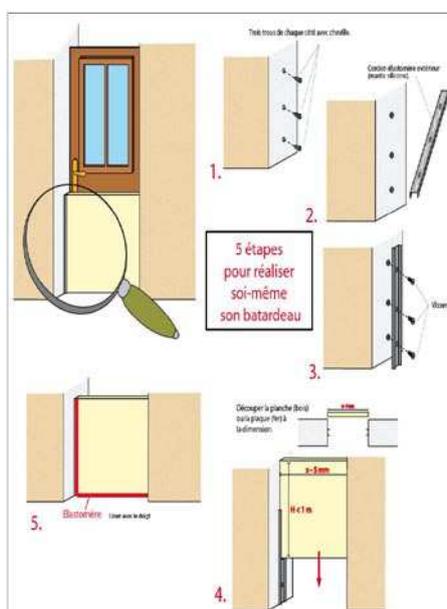
**Étapes de réalisation du batardeau :**

Figure 2-8 « Réaliser soi-même son batardeau »

### 2.2.1.2.3 Le Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS)

Le Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS) vient en continuité du Plan Orsec. « La préparation à la gestion des crises est une responsabilité partagée. Elle incombe aux pouvoirs publics mais également à chaque citoyen » [DSC, 2010].

Le PFMS est à considérer comme l'équivalent d'un « Plan de Continuité d'Activité » des entreprises adapté à la cellule familiale. Ce plan fournit des informations nécessaires pour « connaître, s'équiper et se préparer » afin d'anticiper le risque et de ne pas paniquer le jour

venu [DSC, 2010]. D'autre part, la famille doit être en mesure de garantir son autonomie (ses besoins fondamentaux) le temps de l'arrivée des secours. Le PFMS permet d'inculquer le risque auprès des citoyens afin de les responsabiliser à devenir acteur de la gestion du risque.

Nous renvoyons aux travaux réalisés par la Direction de la Sécurité Civile sur la mise en place d'un guide destiné à concevoir son plan familial de mise en sûreté accompagné d'un CD-Rom « J'apprends à me protéger » [DSC, 2010].

L'ensemble des mesures techniques et de bonnes pratiques se heurtent néanmoins à plusieurs obstacles [VINET, 2010].

### 2.2.1.3 Plusieurs obstacles de mise en œuvre de ces mesures

Un certain nombre de critères peuvent être un frein à la mise en œuvre des mesures techniques d'adaptation du bâti tels que : la faisabilité technique, la compatibilité avec les règles d'urbanisme existantes, le coût, la pérennité, l'esthétique, etc. sont listés dans les travaux de [VINET, 2010].

Un autre aspect de la réduction de la vulnérabilité est l'établissement de la culture du risque à l'échelle du particulier et plus largement. Les freins au développement de cette culture sont, en règle générale, liés à l'absence de sensibilisation du particulier au risque qui est le résultat d'un manque d'information, de communication, de (auto)formation, de responsabilisation et de conseils ou de référentiels (ex : PFMS, expérience), sans oublier l'aspect psychologique (ex : « sentiment d'évitement »), etc.

La mitigation englobe autant l'aspect technique d'adaptation du bâti que l'aspect culturel de la prise en compte du risque par les particuliers.

Une partie des mesures d'adaptation a été évoquée. Ces différents exemples soulignent la nécessité de cibler les spécificités d'un enjeu (ex : habitat) de manière à être en capacité de choisir les mesures de mitigation adaptées à appliquer. Plusieurs retours d'expériences [MEEDDAT, 2008 (a) & (b)] ont mis en évidence l'émergence de diagnostics de vulnérabilité de l'habitat comme moyen préalable à l'action.

## 2.2.2 L'émergence du diagnostic comme moyen préalable à l'action

Les syndicats de Bassins Versants, Etablissements Publics Territoriaux de Bassin (EPTB) et parfois des services de l'Etat, en tant que maîtres d'ouvrages, engagent des mesures concrètes de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques inondation. Des méthodes de diagnostic sont développées par des bureaux d'études ou des organismes de recherche

intégrées dans des logiques de projets (ex : PAPI<sup>35</sup>, OPAH<sup>36</sup>) financés par les collectivités locales, l'Etat et / ou l'Europe [MEEDDAT (a), 2008].

#### 2.2.2.1 Le diagnostic de vulnérabilité de l'habitat existant face à une contrainte de déploiement

Le diagnostic de vulnérabilité peut être réalisé en amont de toute décision à prendre concernant la définition, la sélection et la mise en œuvre des mesures de mitigation et vise à déterminer la vulnérabilité des enjeux (ex : habitat, ERP, etc.).

Ce diagnostic peut également venir définir la faisabilité technique des mesures prescrites dans les PPR. Il a pour objectif d'apporter aux acteurs locaux une vision globale de la vulnérabilité d'un territoire. Nous renvoyons au Chapitre 4 pour les détails méthodologiques des diagnostics existants. A ce jour, il n'existe pas de diagnostic « standard » en raison de la diversité des intervenants (ex : bureaux d'études) et des méthodes.

N'ayant pas les compétences en interne, les EPTB initient des opérations de réduction de la vulnérabilité aux inondations de l'habitat existant. A leur initiative des bureaux d'études interviennent « ponctuellement » sur appel à projet en tant que prestataires de services et d'ingénieries spécialisés sur la thématique. Ces bureaux d'études interviennent moyennant un coût de prestation avec obligation de résultats. Ils développent des outils d'ingénierie dits « propriétaires ». Au-delà de leur intervention « ponctuelle », le commanditaire est dépendant du prestataire et livré à lui-même lorsque le contrat est terminé.

Selon le principe de financement des EPTB par les collectivités, l'intervention des bureaux d'études dépend fortement des disparités des ressources des acteurs commanditaires des opérations ce qui peut être une contrainte à son élaboration et par conséquent à son déploiement.

Enfin, une démarche volontaire de réduction de la vulnérabilité ou une mise en conformité avec le règlement du PPR ne pourrait être envisagée sans un mécanisme de subvention ou d'incitation à travers notamment des logiques de projets.

---

<sup>35</sup> Les Programmes d'Actions de Prévention des risques liés aux Inondations (PAPI) ont été créés en 2003, ils visent à réduire les conséquences des inondations sur les territoires et ceci selon une approche globale portée par un partenariat réunissant les services de l'Etat et les acteurs locaux.

<sup>36</sup> Les Opérations Programmées de l'Amélioration de l'Habitat (OPAH) ont été créés en 1977, elles constituent des cadres d'intervention des collectivités locales dans la réhabilitation de centres urbains ou de bourgs ruraux. Les financements sont adaptés et orientés selon les territoires et les préoccupations nationales.

### 2.2.2.2 Logique de projet et cadre de financement

Les opérations de réduction de la vulnérabilité sont multiples (ex : PAPI, OPAH, etc.) et leurs cadres de financement sont d'autant plus complexes que les acteurs<sup>37</sup> peuvent différer, selon que le projet soit orienté vers la problématique « habitat » soit vers celle du « risque ». La figure 2-9 représente les étapes de la conduite de projet dans la réduction de la vulnérabilité du bâti.

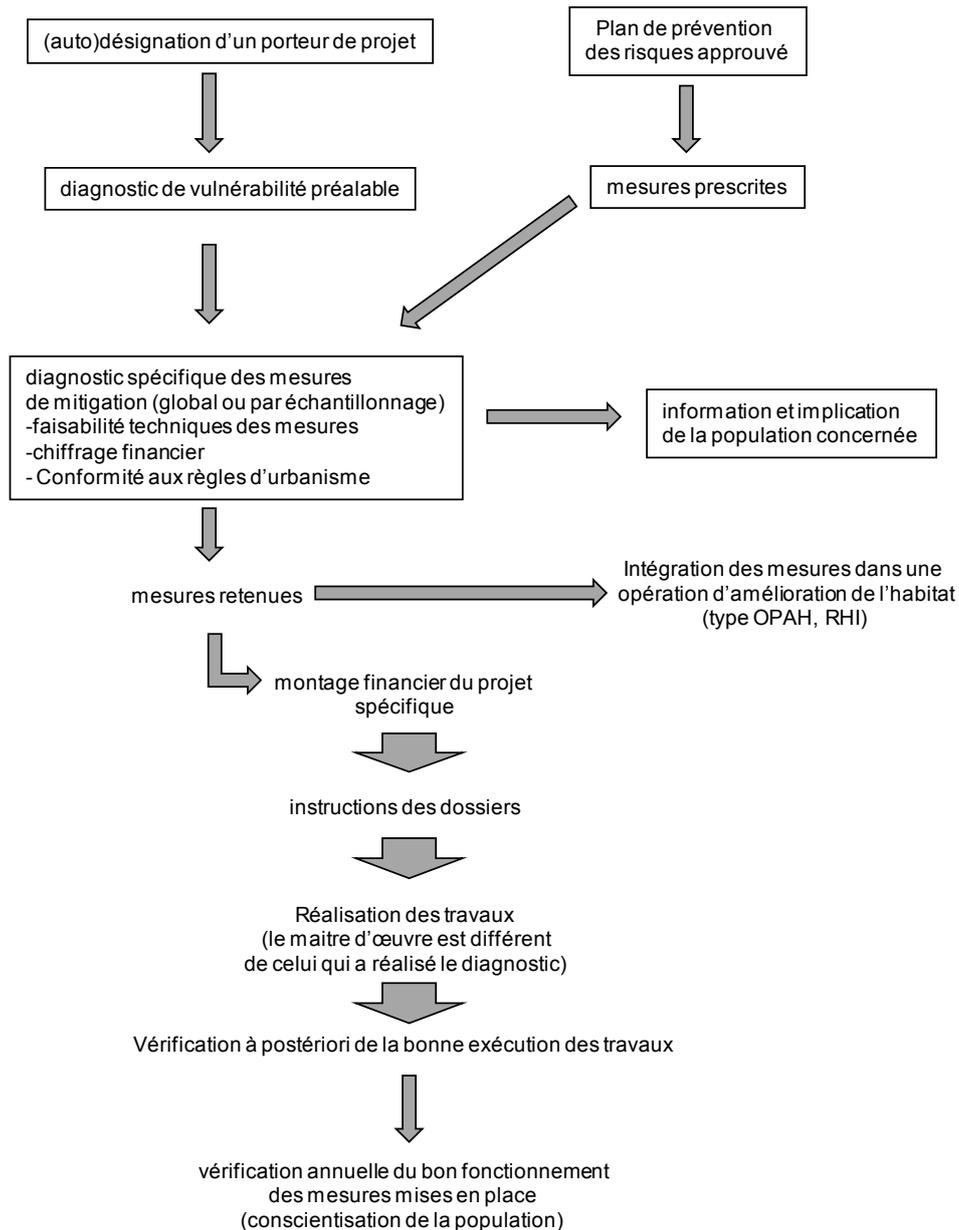


Figure 2-9 Phases de la conduite de projet dans la réduction de la vulnérabilité du bâti [VINET, 2010]

<sup>37</sup> Collectivités locales, l'Etat et / ou l'Europe.

Le financement des opérations de réduction de la vulnérabilité dépend du type de projet mené (ex : PAPI, OPAH). Les contributeurs peuvent être multiples et vont du particulier à l'Europe en passant, entre autres, par les collectivités locales et l'Etat, chaque niveau conditionnant l'octroi de ces subventions. A titre d'exemple, certaines expérimentations conduites dans le cadre d'OPAH ont rencontré des difficultés. Les plafonds de ressources pour l'attribution des aides n'ont pas permis de réaliser un programme touchant le plus grand nombre de propriétaires. Dans le cadre des opérations menées par l'EPTB Saône et Doubs, moins de 5% des cas ont été éligibles. Les critères de ressource de l'ANAH semblent très sélectifs et mal adaptés pour ce type de dispositif. L'absence d'un guichet et d'un dossier « unique » pose quelques difficultés pour les demandes de subvention. L'EPTB Saône Doubs se tourne alors vers une demande de subventions Européennes (FEDER) afin de répondre à ses besoins de financement.

Autre exemple de conditions d'obtention, seules les mesures prescrites par un PPR et rendues obligatoires sont éligibles aux subventions du Fonds Barnier.

Les moyens d'actions des EPTB restent soumis aux contributions des collectivités et à l'octroi de subventions diverses. Dans l'hypothèse d'une pénurie des finances publiques, la question de la pérennité des projets et par conséquent des diagnostics de vulnérabilité peut se poser.

L'analyse de l'historique des procédures d'urbanisme a souligné une évolution de la prise de conscience de l'Etat concernant la réduction de la vulnérabilité en revenant, en partie sur des méthodes « raisonnées de protection » à des méthodes « raisonnées de prévention » dont les dernières ont fait émerger la notion de vulnérabilité du bâti existant. Il a été démontré que le PPR n'était pas suffisant pour apprécier la vulnérabilité de l'habitat. Les pouvoirs publics ont transféré cette compétence aux acteurs locaux afin qu'ils développent leur propre méthode de caractérisation de la vulnérabilité et ceci afin de répondre aux objectifs d'une politique dite de mitigation.

C'est en se référant aux exemples anglo-saxons ou hollandais que la notion de mitigation est apparue en impliquant à la base, le citoyen comme acteur de la gestion du risque. Un ensemble de solutions de bon sens, techniques et de bonnes pratiques, à l'efficacité et la rentabilité encore incertaine, a été mis en évidence. Contrairement à l'élaboration des PPR, la mise en œuvre de cette politique de « mitigation » a l'avantage d'être ascendante, tenant ainsi compte des spécificités locales. Les EPTB, en tant que maîtres d'ouvrage ont fait émerger un nouvel instrument : le diagnostic de vulnérabilité. Ce dernier destiné à répondre à la politique de mitigation, connaît néanmoins des limites : la méthodologie de cet outil n'est pas unique,

pour cause, une dépendance vis à vis de bureaux d'études extérieurs et une diversité des spécificités terrains.

Intégré au sein d'une logique de projet, la pérennité et le déploiement du diagnostic de vulnérabilité sont remis en cause par des modalités de financements strictement dépendants des ressources des collectivités et de subventions de l'Etat et/ou de l'Europe soumis à des conditions d'octroi.

Fondé sur le « process » de l'évaluation de la vulnérabilité, la section suivante se propose de dresser un tableau des acteurs, outils et données existants dans les secteurs public, privé et dans le domaine de la recherche.

### 2.3 Etat des lieux des acteurs, données et outils fondés sur la démarche de l'appréciation de la vulnérabilité dans le secteur Public / Privé

Les sections précédentes ont mis en évidence l'évolution des préoccupations des pouvoirs publics en matière d'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat existant.

En l'absence d'organisme dédié et d'outil unique, un état des lieux, non exhaustif, des acteurs ayant la connaissance dans le domaine a été nécessaire afin de mettre en évidence non seulement les données et les outils existants mais également les compétences et les connaissances scientifiques et techniques en matière d'appréciation de la vulnérabilité. Cet état est ponctué d'exemples de cas étrangers.

Cet état des lieux (figure 2-10) est réalisé par secteur selon une décomposition de la démarche d'évaluation de la vulnérabilité en sous-systèmes (« système Aléa » x « système Enjeux » = « système Vulnérabilité »).

*Illustration des données et / ou des outils*

P R O C E S S		Pouvoirs Publics	Profession de l'assurance	Recherche et Développement
↓	<b>ALEA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AZI Cartorisque</li> <li>• Vigilance Crue</li> <li>• Modèle Alerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZURS (All.)</li> <li>• SIGRA (It.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle HEC – RAS</li> </ul>
	<b>ENJEUX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obs. SEEIDD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obs. MRN</li> <li>• SIG MRN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarche des géographes et économistes</li> </ul>
	<b>VULNERABILITE /DOMMAGES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CEPRI</li> <li>• Rapport EPTB Meuse</li> <li>• MulticolorBook (RU)</li> <li>• REX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Société de modélisation (ex EQECAT)</li> <li>• Caisse Centrale de Réassurance (CCR)</li> <li>• Expert en assurance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CSTB</li> <li>• FLOODSITE</li> </ul>

Figure 2-10 Etat des lieux des acteurs, des outils et des données fondé sur la démarche d'évaluation du risque

Nous renvoyons le lecteur aux travaux de Jérôme Chemitte [CHEMITTE, 2008] pour l'état des lieux sur le « système aléa ».

L'évaluation des conséquences d'une inondation sur l'habitat est réalisée, en partie, par la mise en place de stratégies d'identification et de dénombrement des enjeux présents sur des territoires concernés par ce risque au moyen d'analyses spatiales. D'autre part, la vulnérabilité des enjeux est appréciée selon une démarche déterministe ou probabiliste.

La première partie de cette section est consacrée au secteur public. Il s'agit de montrer que les collectivités territoriales sont en capacité de géocoder les données géographiques qu'elles associent aux données statistiques (ex : données socio-économiques – INSEE). D'autre part, au regard des évolutions des préoccupations en matière d'appréciation de la vulnérabilité des enjeux, les pouvoirs publics font appel aux services et aux compétences techniques et / ou scientifiques d'acteurs comme le CEPRI<sup>38</sup> et le CSTB<sup>39</sup>. La deuxième partie de cette section fait état de l'existant dans le domaine de la recherche et du développement. Enfin la troisième partie de cette section traite du secteur privé.

### **2.3.1 Etat des lieux dans le secteur public**

#### 2.3.1.1 L'estimation de l'exposition des enjeux par le SEEIDD

Le Service de l'Economie, de l'Evaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD<sup>40</sup>) a été créé<sup>41</sup> en 2008 au sein du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). Sous tutelle du MEDDTL, ce service « développe, expertise et diffuse des outils, des méthodes et des instruments d'intervention destinés à faciliter l'intégration de l'environnement et des démarches de développement durable dans les politiques publiques et privées ».

L'estimation<sup>42</sup> des populations et des logements en zone inondable, réalisée sur la base des emprises maximales connues et disponibles dans les Atlas des Zones Inondables (AZI) a fait l'objet de travaux réalisés par l'ex SEEIDD et donné lieu à de nombreuses publications à ce sujet [IFEN, 2008 ; CGDD, 2009].

---

<sup>38</sup> Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation (CEPRI).

<sup>39</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

<sup>40</sup> Ex Institut Français de l'Environnement (IFEN).

<sup>41</sup> Décret n° 2008-680 du 09 Juillet portant organisation de l'administration centrale

<sup>42</sup> Méthodologie d'estimation des enjeux exposés aux inondations, document technique, Février 2008.

La production des Atlas des Zones Inondables (AZI<sup>43</sup>) a progressé ces dernières années favorisant ainsi une meilleure connaissance des phénomènes d'inondation susceptibles de se produire par débordement et une meilleure estimation des logements et des personnes exposés. La figure 2-11 contient un extrait des travaux publiés par l'ex SEEIDD.

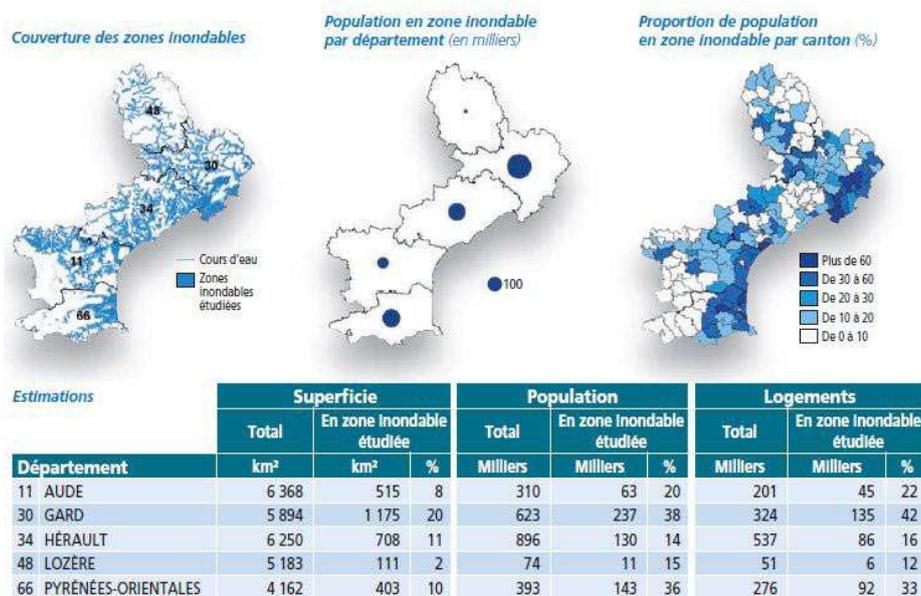


Figure 2-11 Estimation de la population et des logements en zone inondable [IFEN, 2008]

Comme évoqué dans le chapitre 1, les récentes études<sup>44</sup> réalisées par le SEEIDD ont souligné la tendance à l'accroissement du nombre de logements en zone inondable et qui semble être sous-estimé. [VINET, 2010] souligne une proportion plus importante du territoire potentiellement inondable au regard des inondations exceptionnelles, par ruissellement, par remontée de nappe et par submersion marine pour lesquelles la cartographie semble quasi-inexistante.

Dans sa thèse Sarah Gérin mentionne que les études menées par l'administration soulignent l'hétérogénéité de la couverture et des méthodes de production des AZI sur le territoire national avec pour conséquences des difficultés d'estimation des enjeux en zone inondable [GERIN, 2011].

<sup>43</sup> Circulaire du MEDD/SDPRM/BRN d'octobre 2003 relative à la politique de l'Etat en matière d'établissement de ces documents.

<sup>44</sup> « Croissance du nombre de logement en zone inondable », CGDD, SOeS, n°6, février 2009

### 2.3.1.2 Des retours d'expériences institutionnels insuffisants

Depuis 1982 en France, l'évaluation des préjudices est subordonnée au système d'indemnisation<sup>45</sup> par la déclaration d'un arrêté Catastrophe Naturelle (CatNat). Après un évènement catastrophique, la volonté des communes et des sinistrés à être indemnisés amène les pouvoirs publics et la profession de l'assurance à se mobiliser rapidement et dans un délai imparti. Une première estimation des dommages a pour objectif de s'assurer d'une disponibilité suffisante des fonds nécessaires à l'indemnisation, la reconstruction et l'aide aux sinistrés. L'exhaustivité des informations relatives aux conséquences dommageables est liée à la qualité des méthodes de recueil et de production des différents acteurs de terrain (ex : DDT, Mairie, Préfecture, CCI, Expert en assurance). Les délais accordés à l'identification, le recensement et l'estimation des dommages ne permettent pas leur appréciation exhaustive. Ces premiers bilans sont estimatifs et hétérogènes mais indispensables à l'instruction des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de Catastrophe Naturelle.

La création de l'Inspection Général de l'Environnement en 2000 a conduit à systématiser les retours d'expériences en rendant les données « exhaustives ». La mission interministérielle et pluridisciplinaire, en charge de centraliser l'information sur les dommages par secteur, publie des rapports « retour d'expérience » afin de tirer des enseignements des évènements passés. Cette démarche, rendue public un an après les sinistres, peut s'assimiler à un « débriefing » qui a pour objectif de « déterminer des causes et de retirer des enseignements positifs et négatifs afin de réduire le risque et de renforcer l'efficacité de sa gestion » [WYBO and al, 2003 ; VINET, 2010].

Or en ce qui concerne l'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat, seul un coût total ou moyen des dommages par secteur exprime une vulnérabilité à l'échelle départementale (voire

---

<sup>45</sup> Selon la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982- La France a choisi un système mixte, faisant intervenir les assureurs et l'Etat. Ce système permet de profiter des compétences des assureurs en matière d'expertise et d'indemnisation des sinistres, et de la solvabilité de l'Etat qui se positionne comme ultime garant du système via la Caisse Centrale de Réassurance (CCR).

Le système repose sur les principes de mutualisation et de solidarité en obligeant une extension de garantie à toute police d'assurance couvrant un bien ou une automobile. Sont fixés par l'Etat – en contrepartie de sa garantie – quatre facteurs : le prix de la couverture, les franchises, les périls couverts et la déclaration de l'évènement.

Toute indemnisation au titre de la loi de 1982 est subordonnée à deux conditions préalables qui doivent être impérativement remplies :

- l'état de catastrophe naturelle doit avoir été constaté par un arrêté interministériel,
- les biens sinistrés doivent être couverts par un contrat d'assurance "dommages aux biens".

Bien entendu, un lien de causalité doit exister entre la catastrophe constatée par l'arrêté et les dommages subis par l'assuré.

communale). Basés sur des données agrégées, il est alors difficile de qualifier et de quantifier les dommages à une échelle fine.

### 2.3.1.3 Un référentiel technique d'adaptation des logements existants au risque d'inondation

Le Centre Européen de Prévention des Risques Inondation (CEPRI), association de la loi 1901, a été créé en décembre 2006. Le CEPRI a pour vocation d'être un centre de conseils et d'informations auprès des collectivités territoriales dans le domaine du risque inondation. Les objectifs de l'association sont les suivants :

- Fournir une assistance à la maîtrise d'ouvrage publique locale,
- Animer un lieu d'échanges et d'information de référence sur la prévention du risque d'inondation,
- Etre le relais des intérêts des collectivités auprès des instances nationales et européennes.

Le CEPRI privilégie l'approche « territoire » et s'intéresse à la vulnérabilité des personnes et des biens. L'association s'inscrit dans le prolongement des études méthodologiques et techniques menées dans les bassins de la Loire, de la Seine et du Rhône.

L'association a récemment publié un guide méthodologique « Le bâtiment face à l'inondation, diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité »<sup>46</sup>. Ce guide est essentiellement destiné aux collectivités et aux professionnels du bâtiment. Une quarantaine de mesures d'adaptation du bâtiment en zone inondable ont été listées avec l'appui de professionnels du bâtiment. A l'image des travaux réalisés par les Pays Bas, la méthodologie développée pour apprécier la vulnérabilité et proposer des mesures de prévention est fondée sur une analyse du comportement des ouvrages à l'inondation. Le succès et les limites méthodologiques seront explicités dans le Chapitre 4.

### 2.3.1.4 Le cas anglais : Le Multi-coloured Manual

En Angleterre, la logique économique justifiant les investissements dans les aménagements a conduit à décomposer le territoire en « element at risk ». La vulnérabilité d'un territoire est

---

<sup>46</sup> Le CEPRI a également publié un rapport intitulé « Un logement zéro dommage face au risque d'inondation est-il possible ? », 2010.

appréciée par les fonctions d'endommagement<sup>47</sup> par catégorie d'enjeux en fonction d'un paramètre physique de l'aléa. Cette démarche permet d'estimer le coût des dommages potentiels lorsque leur nature est connue. La vulnérabilité d'un territoire peut donc être déclinée en termes de dommages aux personnes et aux biens.

Les pouvoirs publics ont confié à un organisme de recherche (Flood Hazard Research Centre (FHRC)), la réalisation de fonctions d'endommagement. Ces travaux ont abouti à la publication d'un rapport : le Multi-coloured Manual (remis à jour tous les ans et amélioré tous les 10 ans).

Le recueil des données s'effectue sur la base de retours d'expériences à la suite de sinistres réels. Pour affiner cette méthode, le laboratoire de recherche réalise une évaluation des coûts des dommages, selon différentes hauteurs d'eau, à partir d'entretiens directs et de questionnaires auprès de propriétaires. Les résultats sont ensuite croisés avec ceux obtenus par la méthode classique.

Ces travaux proposent également une évaluation plus approfondie, en prenant en compte la typologie de l'habitat, la date de construction, l'âge des occupants et de leur catégorie socioprofessionnelle. Nous renvoyons aux travaux de [PENNING-ROWSELL, 1999] sur ces approches quantitatives du risque.

Contrairement à nos voisins anglo-saxons, cette démarche évaluative est relativement limitée en France, pour cause l'absence de données sur les caractéristiques socio-économiques des enjeux.

### **2.3.2 Méthodes et outils développés dans le domaine de la recherche et du développement**

Le risque est devenu un objet des sciences sociales et économiques. Les préoccupations des pouvoirs publics en matière de réduction de la vulnérabilité de la société ont amené les géographes et les économistes à développer des méthodes et des outils destinés à répondre aux attentes de cette politique.

D'autre part, en tant qu'expert scientifique et technique du bâtiment, sous tutelle du MEDDTL, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) répond aux exigences de l'Etat en matière de connaissance de la vulnérabilité structurelle et matérielle du bâti face à l'inondation.

---

<sup>47</sup> Taux d'endommagement selon les caractéristiques physiques de l'aléa.

### 2.3.2.1 Méthodes et outils issus des sciences économiques

Contrairement aux travaux Anglo-saxons [PENNING-ROUSELL, 1999 ; FHRC, 2005], où la vulnérabilité est appréciée par des fonctions d'endommagement selon une approche probabiliste, les méthodes françaises, sont réalisées selon une approche déterministe à partir d'un scénario majorant basé sur un coût moyen des dommages après retour d'expérience.

Cependant, plusieurs travaux de recherche et quelques études économiques ont été réalisés sur des bassins versants (ex : Meuse, Seine, Loire, etc.) [EPAMA-BCEOM, 2003 ; HYDRATEC et SIEE, 1998 ; TORTEROTOT, 1993]. A l'échelle fine, [TORTEROTOT, 1993] a développé un modèle appelé « modèle local d'estimation des dommages » [VINET, 2010].

Un manuel des pratiques existantes en matière d'évaluation économique des mesures envisagées pour la gestion du risque d'inondation a été publié par le CEPRI en collaboration avec le MEEDDAT [CEPRI, 2008]. Ce manuel recense, entre autre, les méthodes d'évaluation des dommages potentiels réalisées à différentes échelles territoriales notamment celle de l'habitat.

Ces études d'évaluation de la vulnérabilité sont davantage menées dans des perspectives économiques où la vulnérabilité est dépendante de la valeur du bâtiment ou d'un coût moyen des dommages. Or, sans une connaissance fine et précise des dommages et des facteurs d'endommagement pouvant faire varier les dommages pour un type d'habitat, il est difficile de prioriser des mesures de prévention adaptées et à coût économiquement acceptable. L'ensemble de ces études souligne le manque de données socio-économiques relatives aux enjeux pour un scénario donné. Contrairement à l'exemple anglais, les pouvoirs publics sont par conséquent dans l'incapacité de construire des fonctions d'endommagement à l'échelle de l'habitat.

Ces études ont montré la limite des pratiques existantes par l'insuffisance des scénarios d'aléa et le manque de données sinistres pour apprécier la vulnérabilité des enjeux de types « habitat des particuliers » [CHEMITTE, 2008].

### 2.3.2.2 Méthodes et outils issues des sciences géographiques

Pour de nombreux géographes, les fonctionnalités d'un Système d'Information Géographique (SIG) permettent de proposer une analyse spatiale de la vulnérabilité afin d'estimer les dommages potentiels et de mettre en place des plans de secours. [PAYRAUDEAU et al., 2008] propose de hiérarchiser certaines de ces méthodes pour apprécier la vulnérabilité des logements (figure 2-12).

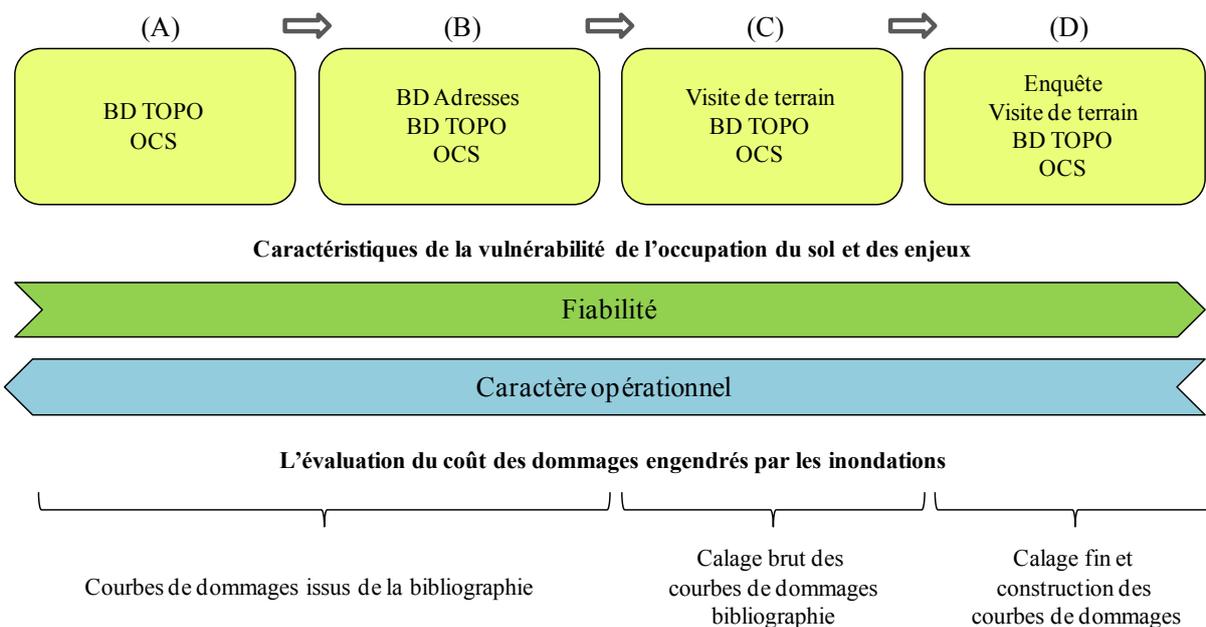


Figure 2-12 Comparaison des méthodes d'évaluation [PAYRAUDEAU et al., 2008]

Nous renvoyons aux travaux de [CHEMITTE, 2008] sur la présentation de chacune des méthodes et de leurs limites.

Le croisement de données d'occupation des sols complétées de visites de terrain et d'enquêtes développées dans l'approche (D) semble la plus fiable dans l'appréciation de la vulnérabilité. La BD Topo de l'IGN<sup>48</sup> affine la localisation de l'habitat. Il s'agit de passer de la localisation « adresse » à la localisation réelle de l'habitat. Une typologie de l'habitat peut également être mise en évidence selon les hauteurs des bâtiments (habitat individuel / collectif, de plain-pied, etc.). Cette BD Topo n'est néanmoins pas suffisante pour apprécier la vulnérabilité. Il est nécessaire de compléter ces données par des enquêtes et des visites terrain afin d'obtenir des données socio-économiques sur les enjeux notamment lors de diagnostic.

Les résultats du diagnostic sont ensuite retranscrits sur une carte dite « prospective » destinée à mettre en place ou combler les limites des cartes réglementaires existantes et à proposer des solutions adaptées au niveau local en matière de prévention [VINET, 2010 ; PRADELLES, 2005].

La difficulté de ces méthodes réside dans les limites d'acquisition de certaines données géographiques et socio-économiques nécessaires pour apprécier la vulnérabilité de l'habitat.

<sup>48</sup> Institut National Géographique

### 2.3.2.3 Etat de la connaissance de la vulnérabilité matérielle et structurelle du bâtiment

Sous la tutelle du MEDDTL, le CSTB répond à des missions de service public dans les trois domaines suivants :

- Recherches scientifiques et techniques et expertises pour le secteur de la construction et le logement,
- Amélioration de la qualité des constructions et de son environnement,
- Amélioration de l'information des professionnels.

En tant qu'expert dans le domaine du bâtiment, le CSTB a participé à de nombreuses publications relatives à l'évaluation et la réduction de la vulnérabilité des bâtiments à l'inondation.

Une étude réalisée par le CSTB sur la qualification du comportement des matériaux au contact d'une submersion prolongée a démontré les difficultés d'appréciation de la vulnérabilité matérielle des éléments constitutifs du bâtiment. Nous renvoyons également aux travaux scientifiques réalisés par [SALAGNAC et BESSIS, 2006] sur la réduction de la vulnérabilité matérielle du bâtiment en zone inondable.

Le CSTB et la DGUHC<sup>49</sup> [DGHUC et CSTB, 2005] ont également travaillé sur la réalisation d'une grille d'analyse des dommages aux bâtiments pour des inondations lentes à partir desquelles des guides de réduction de la vulnérabilité à destination du grand public ont été réalisés. Ces travaux mettent en évidence les différentes vulnérabilités liées au type même des constructions face à l'aléa. Une distinction des différents modes constructifs est envisagée afin d'appréhender les différents modes de pénétration de l'eau dans l'habitat. Une des premières caractéristiques déterminantes à ce niveau est la présence ou non d'un sous-sol (figure 2-13).

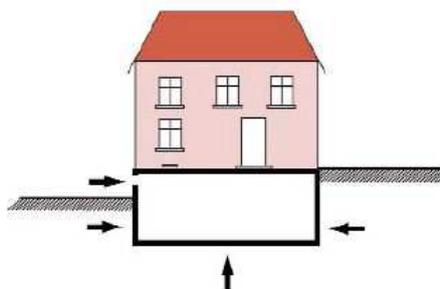


Figure 2-13 Illustration des différents modes de pénétration de l'eau

<sup>49</sup> Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction (DGHUC).

D'autre part, en ce qui concerne les bâtiments ou les maisons sans sous-sols, il apparaît évident que l'imperméabilisation totale du bâti existant n'est techniquement pas envisageable du fait de la poussée d'Archimède qui entraînerait la destruction du bâtiment. Le seuil du plancher par rapport au terrain naturel est également à prendre en considération dans l'appréciation du niveau d'« inondabilité » de l'habitat.

A l'occasion des rencontres « Smartest<sup>50</sup> » (Smart Resilience Technology, Systems and Tools), le CSTB participe également aux échanges de « bonnes pratiques » et d'innovations techniques sur la problématique du risque inondation.

Le CSTB est une référence en matière de connaissances sur la vulnérabilité matérielle et structurelle des bâtiments en zone inondable.

### 2.3.3 Etat des lieux dans le secteur de l'assurance

#### 2.3.3.1 Un exemple de modèle de catastrophe appliqué à la modélisation des dommages et des pertes de l'habitat

Les sociétés de modélisation (EMS, EQECAT, RMS) développent des modèles probabilistes et stochastiques pour les risques assurables dont la prime n'est pas fixe (ex: Tempête, Neige, Grêle) alors que dans le domaine des catastrophes naturelles, les outils sont plus rares [PICO, 2008].

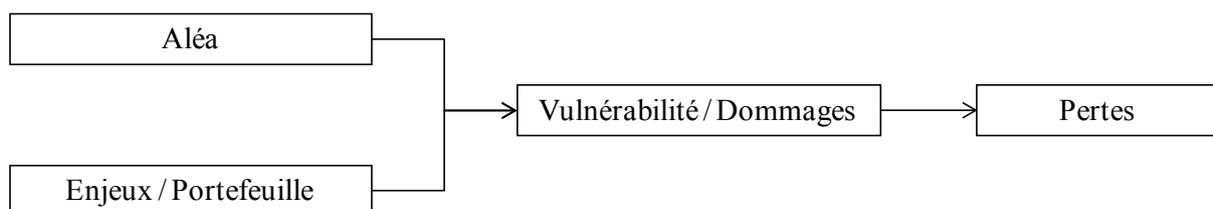


Figure 2-14 Structure d'un modèle catastrophe [CHEMITTE, 2008]

La société EQECAT a publié des travaux relatifs à « La modélisation des dommages et pertes financières consécutives aux inondations » [VORONKOFF, 2010]. La structure du modèle catastrophe est illustré par la figure 2-14.

---

<sup>50</sup> Le lecteur pourra se référer au lien suivant pour plus d'informations : <http://www.floodresilience.eu/>

Un modèle probabiliste est créé afin d'obtenir la relation sévérité (hauteur d'eau) / fréquence en unités financières. Le module correspondant au portefeuille de biens assurés doit contenir : la nature du bâtiment (matériaux de construction, hauteur, nombres d'étages, etc.), l'affectation i.e. la susceptibilité du contenu et la localisation du bâtiment dans l'espace et en altitude. La vulnérabilité est ensuite exprimée selon une courbe<sup>51</sup> de dommages (figure 2-15).

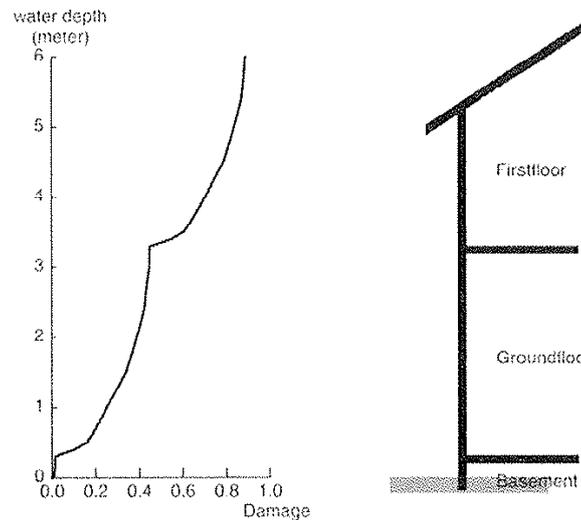


Figure 2-15 Exemple de courbe de dommages pour une maison avec étage et sous sol [VORONKOFF, 2010]

Pour une hauteur d'eau donnée et deux habitats identiques, les courbes de dommages varient selon des facteurs liés aux caractéristiques socio-économique et technique de l'enjeu (ex : nature des matériaux de construction, occupation de l'habitat, valeur mobilière, etc.). Selon [VORONKOFF, 2010], les dommages sont à considérer comme une distribution et non comme une valeur unique.

La connaissance de la vulnérabilité de chaque type de risques assurés permet de segmenter le portefeuille en classes de risques. Croisées à la hauteur d'eau et à la valeur assurée de chacun des habitats, des fonctions d'endommagement sont produites pour chaque type de bien.

---

<sup>51</sup> Pourcentage de dommages en fonction de la sévérité de l'aléa. Ces courbes sont créées à partir du travail d'ingénieurs analysant la réponse des matériaux de constructions aux contraintes liées à l'aléa. [HYDRATEC et SIEE, 1998]

### 2.3.3.2 La Caisse Centrale de Réassurance (CCR)

La Caisse Centrale de Réassurance (CCR) propose, avec la garantie de l'Etat, des couvertures illimitées pour des branches spécifiques au marché français telles que les catastrophes naturelles. Elle est autorisée à réassurer les risques de catastrophes naturelles depuis l'origine du système d'indemnisation CatNat en bénéficiant de la garantie de l'Etat. En tant que réassureur, la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) a pour objectifs d'améliorer la connaissance des risques assurés et d'évaluer l'exposition des différents acteurs du régime d'indemnisation (Assurés, Assureur, Etat).

La CCR évalue et simule les dommages causés par les événements afin de pouvoir peu de temps après leur survenance estimer leurs coûts et prévoir le provisionnement correspondant. Par ailleurs, elle simule des événements historiques de référence sur les portefeuilles actuels à partir d'un outil de modélisation des principaux périls (ARTEMIS). Pour ce faire, elle traite des « données sinistres CatNat » et des données relatives à la « police des biens assurés » mises à disposition par les compagnies d'assurances « clientes » et stockées dans une base « retour d'expérience » (ATHENA). Ces données concernent la localisation du risque, le type de risque assuré, la période de garantie et la prime d'assurance associée ainsi que les données relatives aux sinistres survenus (date, coût, etc.).

Afin d'avoir un retour d'expérience sur les événements passés et une vision globale du marché, les données brutes sont agrégées et extrapolées. Seul un coût moyen des dommages est exprimé à l'échelle communale (voire infra-communale). Pour des raisons de confidentialité, la CCR réserve ses services à ses cédantes par la mise en ligne de données agrégées. D'autre part, les modalités de calcul sont confidentielles et l'outil de la CCR apparaît comme une « boîte noire » aux yeux des compagnies d'assurance, qui de ce fait ne peuvent l'utiliser directement.

### 2.3.3.3 Le métier d'expert en assurance, déroulement des étapes de l'expertise terrain

L'expert en assurance est un professionnel salarié ou libéral qui intervient pour le compte de l'assureur et de l'assuré. « La mission de l'expert ne se réduit pas à apprécier le préjudice financier subi pour informer l'assureur, elle consiste aussi à apporter un soutien actif aux sociétaires actifs » [BARBEREAU et BALMES, 2007].

Un travail sur le terrain de suivi d'experts a été réalisé après la tempête Xynthia en février 2010 afin d'étudier et de comprendre la méthode d'évaluation des dommages matériels par la

profession et d'enrichir et de conforter nos connaissances relatives à la vulnérabilité matérielle et structurelle de l'habitat face à l'inondation (voir Chapitre 3).

Les objectifs de la visite de l'expert sont les suivants :

- Evaluer la gravité du préjudice subi par le particulier,
- Etablir une première estimation des réparations du mobilier et de l'immobilier,
- Conseiller et / ou prescrire des mesures de sauvegarde pour limiter les dommages (ex : assèchement des murs et/ ou des sols),
- Favoriser le retour à la normale le plus rapidement possible.

La visite se déroule en quatre étapes : (1) objectifs de la visite, (2) contrôle de la conformité du risque assuré, (3) état des préjudices et (4) estimation du montant des pertes mobilières et / ou immobilières, détaillées ci-dessous :

- Objectifs de la visite : L'expert explique au particulier l'intérêt de sa visite et la procédure à suivre pendant et après l'expertise. Cette première étape est une « visite d'urgence ».
- Contrôle de la conformité du risque assuré : L'expert vérifie que le risque<sup>52</sup> est conforme au contrat souscrit (ex : nombre de pièces, surface habitable, travaux d'extension depuis la souscription du contrat, etc.). Dans le cas d'un risque non conforme, l'expert est en mesure d'appliquer un abattement selon une règle proportionnelle. Ce contrôle est indispensable car il détermine le versement des provisions et de l'indemnisation par les compagnies d'assurance.
- Etat des préjudices : L'expert procède à l'état des lieux des dommages mobiliers et immobiliers. L'état des préjudices est réalisé à « dire d'expert ». D'autre part, les informations renseignées pour évaluer le risque ne s'appliquent pas selon un rapport d'expertise « standard ». L'information sur la durée de submersion, la hauteur d'eau et la nature des matériaux de construction issu de l'analyse terrain » permettent d'évaluer les dommages immobiliers selon une démarche déductive fondée sur la connaissance et les compétences techniques de l'expert.
- Estimation du montant des pertes mobilières et / ou immobilières : Le chiffrage est effectué selon les conditions prévues par la compagnie d'assurance.

Pour certains, architectes de formation ou issus d'une filière du bâtiment, ces experts ont une expérience et une connaissance fine de la vulnérabilité matérielle de l'habitat qu'il s'agit de considérer avec grand intérêt.

---

<sup>52</sup> Terme utilisé par la profession de l'assurance pour désigner le contrat d'assurance au sens le « risque assuré ».

### 2.3.3.4 La Mission Risques Naturels au service du secteur privé

L'association Mission Risques Naturels (MRN), association de la loi 1901, émane de la Fédération Française des Sociétés d'Assurance (FFSA) et du Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurance (GEMA), créée en 2000. Cette mission de la profession est considérée comme l'Observatoire de l'exposition des territoires face aux aléas naturels pour la connaissance et la prévention.

La MRN joue le rôle de « facilitateur » pour la profession de l'assurance en récoltant l'information publique disponible tout en aidant les sociétés dans leur utilisation à travers un Webservice (figure 2-16).

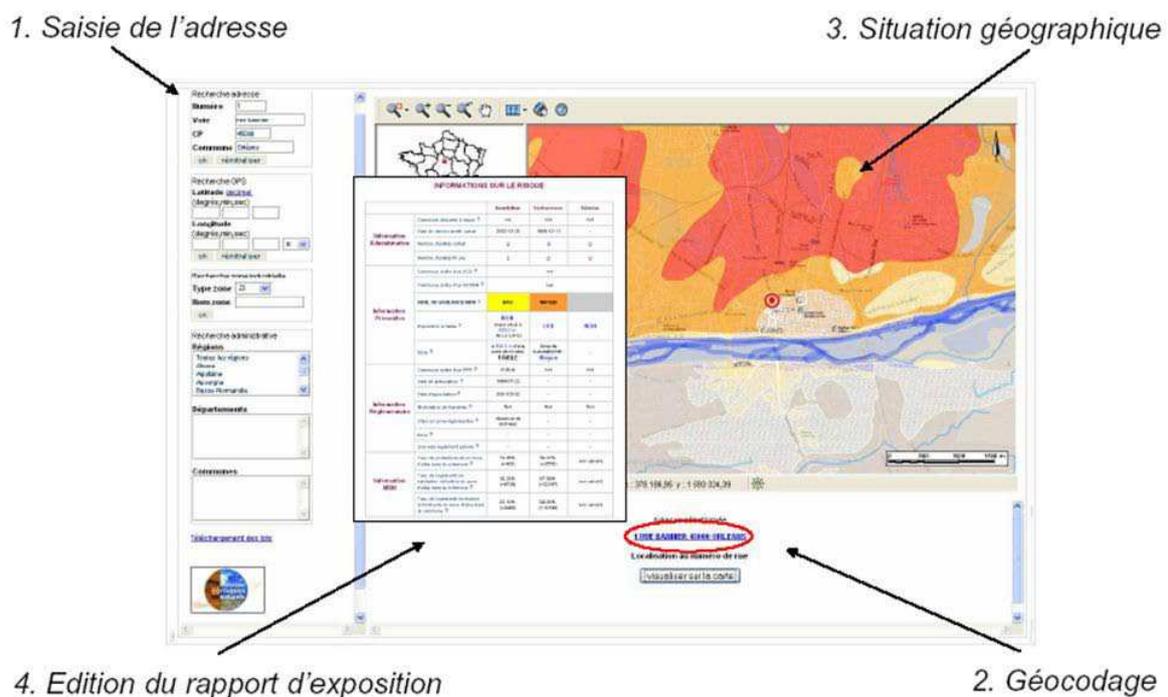


Figure 2-16 Exposition du risque à l'adresse (source MRN, 2008)

Le Portail SIGMRN permet d'obtenir un rapport sur la situation d'un lieu de risques à l'adresse. Ce rapport comporte les informations suivantes :

- Information sur l'adresse (GPS)
- Information sur le risque - un tableau de synthèse rassemble les informations administratives, préventives et réglementaires à l'échelle communale.

Sur la base d'une ventilation de montant total indemnisé par la profession, la mission des sociétés d'assurances vise également à approfondir la connaissance de l'exposition des enjeux

auprès de certains EPTB (ex : Loire et Meuse) [CEPRI, 2008]. Les objectifs sont d'une part d'établir un diagnostic d'ensemble sur le bassin versant et d'autre part d'orienter les EPTB dans leur choix d'actions de réduction de la vulnérabilité. A l'aide d'un SIG, la méthode « consiste à déterminer un nombre d'enjeux potentiellement sinistrés dans les IRIS<sup>53</sup> ou les communes exposées à l'emprise de la crue, au prorata de leur surface respective ». L'estimation du montant total des dommages est réalisée en utilisant un coût moyen « inondation » par logement pour chacun des départements considérés [CEPRI, 2008].

Au regard de cet état des lieux, la vulnérabilité de l'habitat est essentiellement connue après retour d'expérience selon un coût moyen ou total des dommages. L'appréciation de la vulnérabilité est subordonnée au système d'indemnisation CatNat qui induit l'absence d'un organisme centralisant les informations dédiées à la sinistralité. L'information de base, technique et précise sur les dommages matériels « directs » à l'échelle fine est à rechercher auprès du secteur de l'assurance.

---

<sup>53</sup> Selon l'INSEE, les IRIS constituent un découpage infra-communale, niveau géographique le plus détaillé.

## CONCLUSION

L'ensemble des points abordés dans ce chapitre montre une évolution de la prise de conscience de l'importance de la prévention à appliquer au plus près des acteurs locaux.

Nés de la loi « Barnier » n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection du code de l'environnement, les Plans de Prévention de Risques Naturels (PPRN)<sup>54</sup> se sont substitués aux anciennes procédures d'urbanisme (PSS, R111-3 et PER). En continuité aux objectifs prévus par le PER, le couplage entre indemnisation et prévention persiste dans le PPR à travers le système d'indemnisation CatNat.

Le PPR peut être jugé insatisfaisant pour apprécier la vulnérabilité de l'habitat. Il est considéré comme un « outil état » ne prenant pas en compte les spécificités locales. Les cartes des PPR appelées cartes de vulnérabilité sont en réalité des cartes d'exposition des enjeux ne considérant pas les facteurs inhérents de fragilité de ces derniers [VEYRET et REGHEZZA, 2006]. Son application se heurte aux réticences des acteurs locaux, pour qui cette procédure se présente comme un frein au développement économique de la commune.

Les PPR sont accompagnés de recommandations concernant la réduction de la vulnérabilité de l'habitat mais les solutions proposées restent globales car les méthodes et les données utiles à l'appréciation de la vulnérabilité individuelle sont quasi-inexistantes ou inappropriées. Les maires n'ont également pas les moyens humains et financiers de réaliser et d'assurer la maîtrise d'ouvrage et le contrôle de la légalité des mesures contenues dans les PPR.

L'absence d'approbation et/ou de prescription d'un PPR conditionne également l'information préventive, l'organisation des secours, les règles de l'assurance et le financement de mesures de prévention dans un délai de 5 ans. D'autre part, l'effet parfois constaté d'éviter une modulation de la franchise montre les limites des PPR pour mener une véritable politique de prévention.

Depuis la loi Bachelot du 30 Juillet 2003, la responsabilité de réduire la vulnérabilité des enjeux existants est transférée aux acteurs locaux tels que les syndicats de bassin afin que ceux-ci développent leur propre méthode de caractérisation de la vulnérabilité pour répondre aux objectifs d'une politique de mitigation.

---

<sup>54</sup> Articles L562-1 et L562-2 du Code de l'Environnement. Codifiés aujourd'hui aux articles L. 562-1 à L. 562-9 du Code de l'Environnement, d'autres textes législatifs et réglementaires ont complété ce dispositif notamment avec la loi Bachelot dite « Risques » du 30 Juillet 2003 puis la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 Août 2004 et le décret du 04 Janvier 2005.

Les EPTB, en tant que maîtres d'ouvrage ont fait émerger un nouvel instrument : le diagnostic de vulnérabilité qui connaît néanmoins des limites et des contraintes de financement pouvant remettre en cause sa pérennité et son déploiement.

D'autre part, au regard de l'état de l'existant en matière de connaissance de la vulnérabilité, seul un coût moyen ou total des dommages matériels est exprimé. L'appréciation de la vulnérabilité à l'échelle fine est fortement dépendante du secteur de l'assurance. Enfin malgré l'émergence de diagnostics inondation, la connaissance socio-économique des enjeux reste encore limitée.



## PARTIE 2 : LA MÉTHODE DE L'AUTODIAGNOSTIC COMME MOTEUR DE L'ACTION

Les chapitres 1 et 2 démontrent d'une part, un contexte dans lequel l'habitat individuel est considéré comme un enjeu vulnérable face à l'inondation et d'autre part, l'existence d'instruments législatifs et réglementaires d'évaluation et de réduction de la vulnérabilité présentant des lacunes dans l'application des mesures proposées et dans leur déploiement vers le plus grand nombre concerné.

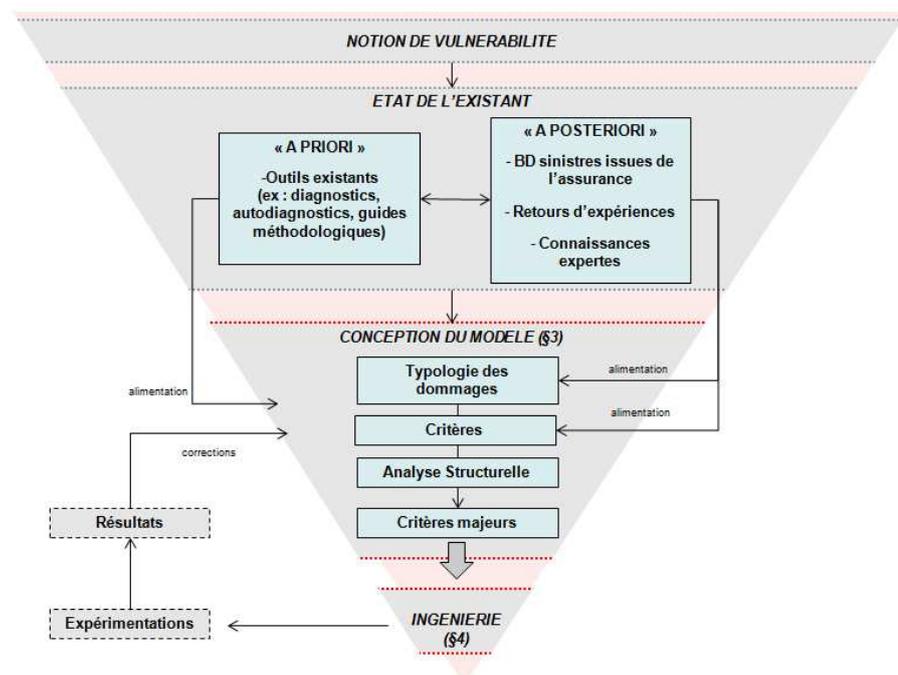
Face à ce constat et aux attentes des acteurs publics et privés, la seconde partie de la thèse propose la réalisation d'une méthode d'autodiagnostic destinée aux particuliers et diffusée au plus grand nombre et dont l'objectif principal est la prise de conscience et la responsabilisation en vue de transformer le particulier en acteur de « sa » prévention.

Le chapitre 3 propose une démarche de modélisation partant d'un modèle global de vulnérabilité, décliné ensuite en modèles « pratiques » (ex : ERP, PME-PMI) et transposés par analogie au modèle de la « vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation ».

A partir d'une analyse structurelle, le chapitre 4 propose la mise en œuvre de la méthode d'autodiagnostic et relève ses limites.

La figure 2-17 illustre la démarche méthodologique de la thèse dans laquelle ont été différenciées les étapes du Chapitre 3 et 4.

Figure 2-17  
« Illustration de la méthode de conception de l'outil d'autodiagnostic »





### **CHAPITRE 3 – MODÉLISATION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L’HABITAT INDIVIDUEL FACE A L’INONDATION**

Conjuguée aux lacunes de la politique en matière de réduction de la vulnérabilité, la fréquence des évènements naturels, l’augmentation du coût de la sinistralité et les conséquences socio-économiques sont autant d’indicateurs qui amènent les pouvoirs publics et la profession de l’assurance à s’orienter vers une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l’habitat tout en sensibilisant et en responsabilisant le particulier.

Ce présent chapitre a pour objectif de proposer une démarche de modélisation devant conduire à mieux comprendre la susceptibilité de l’habitat à subir des dommages face à l’inondation. Autrement dit, il s’agit d’appréhender le risque en s’interrogeant sur le « combien » (dommages) et le « pourquoi » (facteurs et critères) l’habitat est vulnérable [MENGUAL, 2008] et ceci afin de satisfaire d’une part, des attentes avérées des acteurs publics et privés et d’autre part, des besoins non exprimés à ce jour par le particulier.

La première section du chapitre se consacre à décrire les attentes des professionnels de l’assurance et des collectivités locales. De ces attentes sont mis en évidence des besoins relatifs au particulier. Ces besoins sont utilisés par la suite pour valider le périmètre du modèle « habitat et risque inondation ».

Sur la base d’une analyse de l’existant, la deuxième section consiste à définir le modèle global de vulnérabilité pour le décliner ensuite en modèles « pratiques » (ex : ERP, PME-PMI) à partir desquels le modèle de la « vulnérabilité de l’habitat à l’inondation » a été défini. L’analyse de ce modèle a permis de réaliser une typologie des conséquences potentielles d’une inondation sur notre objet d’étude.

A partir de cette typologie, la troisième section s’attache à faire un inventaire des critères, facteurs et indicateurs pouvant aggraver ou diminuer les dommages. Ces derniers sont définis aux échelles de l’habitat et de la collectivité locale. L’ensemble de ces critères, facteurs et indicateurs définissent une vulnérabilité « individuelle » dépendante d’une « vulnérabilité collective ». La deuxième et troisième section ont, en partie, été enrichies par une analyse des dossiers sinistres inondation mis à disposition par la profession de l’assurance.

### **3.1 Pourquoi et pour qui modéliser la vulnérabilité de l'habitat individuel, quels intérêts ?**

La réduction de la vulnérabilité de l'habitat individuel est un des dénominateurs communs des acteurs publics et des acteurs privés et du particulier. La modélisation de la vulnérabilité de l'habitat au risque inondation doit permettre à ces derniers de comprendre quels sont les facteurs susceptibles de faire varier la vulnérabilité ceci afin de faire émerger une prise de conscience du risque et de susciter des orientations sur des choix de mesures de prévention à mettre en place chez les particuliers.

Il s'agit avant tout de répondre aux besoins « non exprimés » des particuliers en faisant émerger une prise de conscience du risque. A travers la présente section, les attentes de la profession de l'assurance et des collectivités locales sont décrites et les besoins pouvant en découler pour les particuliers en sont déduits. Une fois définis, ces besoins sont utilisés pour valider le périmètre du modèle « habitat et risque inondation ».

Le PPR semble être insatisfaisant en matière de réduction de la vulnérabilité matérielle. La première partie de cette section fait état des attentes de la profession de l'assurance en matière de réduction de la vulnérabilité de l'habitat individuel.

La deuxième partie de cette section fait état des attentes des collectivités locales face aux lacunes du PPR et au manque de moyens en matière d'évaluation de la vulnérabilité et de définition de mesures adaptées pouvant en découler.

L'expression des besoins des particuliers est difficile à mettre en évidence en raison de plusieurs facteurs liés à l'habitat, l'habitant, l'aléa et la politique locale de gestion du risque inondation. Compte tenu de cette difficulté, la troisième partie fait émerger les besoins des particuliers.

#### **3.1.1 Attentes de la profession de l'assurance**

Les attentes de la profession de l'assurance se situent essentiellement sur une meilleure connaissance de leurs portefeuilles d'assurés afin d'effectuer en conséquence des actions de communication ciblées sur certains territoires ou en direction de certaines populations. La finalité de cette communication est de sensibiliser ceux-ci à « évaluer leur risque et se protéger ».

Dans ces conditions, la profession de l'assurance aurait des bénéfices à tirer de la mise en service de l'outil d'autodiagnostic. Il permettrait de sensibiliser les particuliers sur les

dommages potentiels, les règles de l'assurance en matière d'indemnisation et les mesures de prévention qui peuvent être mises en place.

Après l'évènement Xynthia en 2010, la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) a souligné le manque certain d'information des particuliers sur le volet « indemnisation ». Le rapport de mission [ANZIANI A, 2010 (b)] mentionne que ceci doit être du ressort « soit des assureurs qui possèdent des systèmes de géolocalisation de polices assurés, soit des actes notariés ». Monsieur SPITZ président de la FFSA, a jugé que « des formations adaptées auprès des politiques devraient permettre d'être mieux préparé à vivre dans un monde où les risques sont amenés à augmenter ».

Le coût des dommages matériels à l'habitat des particuliers ne constitue pas la composante majeure du coût total de l'indemnisation d'une inondation mais il est néanmoins révélateur de grands traumatismes qui secouent fortement l'opinion publique par le nombre de sinistrés touchés et par les préjudices socio-économiques occasionnés (ex : endommagement du bâti, perte des biens, relogement, pertes financières, pertes humaines). Ceci témoigne en partie, des attentes des collectivités locales.

### **3.1.2 Attentes des collectivités locales**

Des rencontres, des réunions et des conversations avec des sinistrés, des services de l'état et des services techniques n'ont pas fait émerger d'attentes particulières autres que celles prises en compte par la loi (réf. Chapitre 2).

Ces attentes se résument par trois grands types de besoins :

- assurer la sécurité et l'organisation des secours auprès des particuliers (obligation),
- renforcer l'information et la sensibilisation sur le risque inondation,
- apprécier la vulnérabilité socio-économique des particuliers et de leur habitat.

Certaines de ces attentes rejoignent les attentes de la profession de l'assurance.

#### **3.1.2.1 Assurer la sécurité et l'organisation des secours auprès des particuliers**

Depuis la loi n° 2004-811 du 13 Août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile, le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) est élaboré dans les communes deux ans après l'approbation d'un PPRI (sauf exception). Or à ce jour, seulement 20% des PCS ont été réalisés. Parmi les raisons de cette lenteur, les petites communes dépourvues de moyens et de compétences techniques et donc démunies pour faire face à leurs obligations.

En l'absence de PCS, les élus ont besoin par un autre biais, d'assurer la sécurité de leurs administrés. Dans l'intérêt d'une meilleure prise en charge des particuliers, la nécessité réside dans l'appréciation de la vulnérabilité des habitats (ex : plain-pied, etc.) et des habitants (ex : personnes âgées, etc.).

Cette prise en charge doit également s'accompagner d'une information claire et précise sur les moyens d'alerte mis en place par les autorités, les mesures de prévention et les consignes de sécurité à suivre.

Le besoin de communiquer sur le risque pour informer et sensibiliser les particuliers sur les dommages potentiels est nécessaire pour développer et entretenir la mémoire ou une véritable conscience du risque et mieux anticiper les actions avant, pendant et après un sinistre.

### 3.1.2.2 Renforcer l'information et la sensibilisation sur le risque inondation

Conditionnée par l'approbation d'un PPRI, l'information préventive<sup>55</sup> semble limitée (ex : DICRIM, IAL, réunions publiques, etc.). Quand elle existe, on note parfois que cette information est mal connue ou négligée par les particuliers.

A titre d'exemple, depuis le 1er juin 2006 (article L. 125-5 du Code de l'Environnement), l'obligation d'Information des Acquéreurs et des Locataires (IAL) de biens immobiliers sur les risques naturels et technologiques majeurs est instituée. En référence au contenu du site internet « Mémento du Maire et des élus locaux »<sup>56</sup>, cette nouvelle obligation vient renforcer la réglementation en matière d'informations préventives en responsabilisant davantage les citoyens. « Cette nouvelle procédure fait entrer la prévention des risques dans la vie courante et devrait permettre de contribuer à faire du citoyen un acteur plus responsable, mieux à même de se protéger et de participer à la protection de ses concitoyens, ce qui représente un des grands objectifs de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile ».

Nous restons relativement réservés sur le caractère « responsabilisant » des citoyens par cette procédure. Dans ces conditions, les futurs acquéreurs ou locataires ne prennent pas toujours connaissance des annexes de leur contrat. L'idéal serait que ces derniers aient accès à l'information afin qu'ils réalisent eux-mêmes cet état des risques. Ce processus contribuerait à la prise de conscience du risque auquel est exposé leur habitat et de l'intérêt de réaliser cet état des risques.

---

<sup>55</sup> Articles R125-9 à R125-14 du Code de l'Environnement.

<sup>56</sup> <http://www.mementodumaire.net/>

D'autre part, parmi les informations à renseigner dans la fiche « état des risques », aucune ne mentionne les mesures prescrites par les PPRN ou les consignes de sécurité à suivre en cas d'inondation. Si l'un des objectifs de la réglementation est de responsabiliser les citoyens afin qu'ils soient « mieux à même de se protéger », ces derniers ne semblent pas suffisamment sensibilisés en matière de prévention. Or sans une information préventive adaptée, il n'y aura ni anticipation, ni gestion des inondations par les particuliers.

Les élus ont besoin d'évaluer la connaissance des particuliers en matière de prévention afin de cibler les lacunes de l'information préventive et de développer, de conforter ou de renforcer les messages de prévention. Dans ces conditions, il s'agit de renforcer l'information préventive auprès des particuliers en leur apportant une information individualisée selon les connaissances déjà existante.

### 3.1.2.3 Apprécier la vulnérabilité socio-économique des habitats

Pour pallier les insuffisances des instruments de la politique de prévention, les élus ont besoin de disposer d'une connaissance socio-économique (âge des habitants, composition familial, mobilité) suffisamment précise pour les aider à orienter leur choix vers des mesures adaptées aux spécificités des particuliers et plus largement à l'échelle de la commune (vision globale). Ceci afin d'être en mesure d'ajuster leur politique de gestion du risque et de répondre de manière « ciblée » aux particuliers.

### 3.1.3 Besoins émergents des particuliers

Au-delà de l'incertitude sur la rentabilité des mesures de prévention accentuée par le caractère déresponsabilisant du système d'indemnisation CatNat, d'autres facteurs sont susceptibles de freiner les démarches de prévention des particuliers.

Des études sociologiques étrangères et françaises [DEFRA ; EDATER et LEDOUX, 2002] soulignent les freins qui expliquent le manque d'engagement des particuliers à mettre en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité de leur habitat (chiffres issus d'une étude anglaise) [CEPRI, 2009] :

- « 57 % des particuliers trouvent la mise en place de mesures trop complexe, leur coût trop élevé et l'investissement consacré pas assez rentable (ex : mobilité des ménages, récurrence des crues, etc.),
- 42 % des particuliers renvoient la faute à la collectivité et se positionne en tant qu'« attentiste » vis-à-vis de la réalisation de mesures structurelles,

- 27 % mentionnent l'absence d'information et de conseils concernant le choix de mesures de prévention adaptées aux caractéristiques de la maison, de l'aléa, etc.,
- 27 % des particuliers ne souhaitent pas entacher l'apparence de leur bien immobilier avec des mesures de prévention,
- 26 % ne souhaitent pas modifier les qualités de confort de leur maison (ex : modification de l'agencement des pièces, etc.),
- 17 % refusent de se rappeler le risque quotidiennement à travers ces travaux d'adaptation ».

L'impact humain, les traumatismes psychologiques, la perte de biens à forte valeur sentimentale, la localisation du bien en zone réglementée ainsi que la dévalorisation du bien immobilier sont autant de critères qui témoignent de la difficulté d'appliquer des mesures prescrites par les PPR.

D'autre part, l'étude française [EDATER et LEDOUX, 2002] souligne les facteurs qui peuvent pousser les particuliers à mettre en place des mesures de réduction de la vulnérabilité, entre autre la récurrence des crues et leur expérience d'un sinistre.

Cet état des lieux démontre la difficulté de faire exprimer le particulier sur ses besoins. Ceci en raison d'un certain nombre de facteurs liés aux modes constructifs, aux aménagements intérieurs, aux caractéristiques de l'inondation et aux caractéristiques propres à chacun (ex : facteurs cognitifs, perceptifs, etc.) qui rendent l'état des besoins difficiles à dresser de manière exhaustive et à généraliser.

Néanmoins, au regard de l'analyse des retours d'expérience mentionnés dans le Chapitre 1 et des lacunes de la politique de prévention, on peut déduire que les particuliers demandent entre autre :

- d'assurer leur sécurité physique et psychologique,
- de préserver leur patrimoine mobilier et immobilier pour lequel ils ont investi sur le plan sentimental et économique et ceci quelque soit l'intensité de l'inondation,
- d'être informé pour une meilleure connaissance et gestion du risque inondation.

Dans ce sens, ils expriment le besoin d'être informés sur les moyens d'alerte mis en place par les autorités, sur les consignes de sécurité à suivre pour assurer la sécurité de leur famille et sur la nature des mesures de prévention à mettre en place pour réduire les dommages potentiels.

### 3.1.3.1 Assurer la sécurité physique et psychologique des particuliers

« A partir du moment où l'eau pénètre dans le lieu habité, peu importe qu'il y ait 20 cm ou 1,5 m d'eau, c'est une catastrophe » [VINET et DEFOSSEZ, 2006]. L'intrusion de l'eau dans l'habitat est vécue comme une « violation de l'intimité » extrêmement déstabilisante et traumatisante sur le plan affectif et psychologique. Dans ces conditions, les particuliers ont besoin d'assurer leur sécurité physique et psychologique et au-delà, également supporter des surcoûts économiques :

- Etre préparé pour se protéger et satisfaire ses besoins vitaux : Le nombre de victimes, les comportements à risque, l'isolement physique et les situations de stress sont autant de conséquences liées au manque d'anticipation de la crise. Les particuliers ont besoin d'être préparés et organisés afin d'adopter un comportement approprié pour réduire toute panique et attendre les secours en toute sécurité. De ce fait, il y a nécessité d'anticiper sur un ou des lieux pour se mettre à l'abri et sur la possibilité d'assurer ses besoins fondamentaux (ex : boire et se nourrir).
- Limiter les surcoûts affectifs : Alors que l'habitat est considéré comme un fondement identitaire investit sentimentalement et économiquement, « les dommages et les pertes ne sont pas vécus seulement dans le registre strictement matériel mais ils sont également associés à une charge affective non estimable » [COLBEAU-JUSTIN et De VANSAY, 2001]. L'indemnisation des dommages matériels ne suffit pas à couvrir l'ensemble des préjudices subis. Le particulier doit supporter un « surcoût » lié à la perte de biens inestimables et irremplaçables sur le plan affectif et sentimental (ex : maison, photos de famille, bague de fiançailles, etc.). D'autre part, la perturbation voire la suppression des fonctions vitales de la maison peut conduire à reloger les familles. Les particuliers ont alors besoin de préserver et de garantir l'utilité de leurs équipements et de leurs mobiliers afin d'être capable de réintégrer leur logement le plus rapidement possible. Dans ces conditions, il est difficile de combler la détresse psychologique des personnes. Néanmoins, les besoins relèvent d'une connaissance des dommages matériels potentiels ainsi que des mesures de prévention à mettre en place pour limiter les préjudices.
- Limiter les coûts et surcoûts économiques : Comme évoqué dans le chapitre 1, les particuliers doivent supporter des coûts et surcoûts liés à la franchise (et sa modulation), au relogement, au temps de nettoyage, aux biens non assurés ou non déclarés mais également à la différence entre l'indemnisation et le coût de remise à neuf sur le mobilier et les équipements électroménagers. La perte potentielle de revenu

(ex : lieu de travail endommagé..) a également des répercussions sur la « santé » financière du particulier.

### 3.1.3.2 Préserver le patrimoine mobilier et immobilier

L'expérience de plusieurs inondations ont fait prendre conscience des dommages potentiels et ont poussé certains propriétaires à réaliser des mesures de protection. Mais le retour d'expérience de Bretagne et Saône [EDATER et LEDOUX, 2002] souligne l'inefficacité de ces mesures. Réalisées dans l' « artisanat », elles n'ont pas été conçues selon un véritable « savoir-faire ». L'absence de conseils techniques sur les conditions d'utilisation et l'efficacité et donc la rentabilité de ces mesures au regard des caractéristiques de l'aléa et de l'habitat semble faire défaut dans la prévention auprès des particuliers. Cela souligne le manque de sensibilisation et d'information sur l'existence de mesures simples et/ou de bon sens et le manque de formation des particuliers à la mise en place de mesures adaptées à leur propre risque.

Une représentation des dommages doit faire prendre conscience du risque encouru et permettre d'orienter les décisions sur le choix de mesures de protection et de prévention. Pour cela, il est nécessaire de connaître la nature des dommages susceptibles d'affecter l'habitat, les facteurs pouvant faire varier ces dommages et les mesures à prioriser pour atténuer ces dommages. Chaque particulier doit être en mesure de connaître sa propre vulnérabilité pour anticiper les effets de la crise et y faire face.

### 3.1.3.3 Etre informé pour développer une meilleure connaissance et gestion du risque

L'information sur l'exposition directe ou indirecte de l'habitat, les caractéristiques du risque et les moyens mis en place pour informer et alerter les particuliers sont essentiels pour satisfaire les besoins évoqués ci-dessus.

#### 3.1.3.3.1 Etre informé sur le risque inondation pour mieux l'anticiper et le gérer

L'efficacité des dispositifs réglementaires d'information préventive existants (DICRIM, repères de crue, IAL, réunions publiques, etc.), reste relativement limitée pour des raisons que nous avons évoqués dans le Chapitre 2. L'analyse des retours d'expérience mentionnés dans le Chapitre 1 souligne l'incrédulité des particuliers face aux événements : « je ne savais pas que je pouvais être inondé », « ...il n'y a jamais eu cela ici », « ... personne n'a vu cela... il y a des maisons en torchis... s'il y avait un risque... ça n'aurait pas été construit... », « On ne pensait pas qu'une telle inondation pouvait se produire », « ici on a eu quatre inondations

depuis 1988 ; on circulait en bottes dans les rues ; mais cette fois cela a touché des gens qui n'avaient jamais été inondés », « on ne pensait pas que l'eau pouvait arriver jusqu'ici » [COLBEAU-JUSTIN et De VANSSAY, 2001].

Cette réalité souligne non seulement la méconnaissance du risque par les particuliers mais également l'inconscience de l'ampleur du risque auquel ils sont exposés. Alors que certaines personnes âgées ont une véritable « mémoire » du risque et sont en mesure de reconnaître les signes précurseurs d'une inondation, les « nouveaux arrivants », n'ont pour la plupart aucune connaissance de leur exposition, des signes annonciateurs de l'inondation, de son occurrence voire de son caractère exceptionnel.

#### 3.1.3.3.2 Etre informé sur les moyens mis en place par les autorités pour alerter et gérer la crise

Par ailleurs, les retours d'expérience soulignent la méconnaissance des particuliers concernant les moyens d'être informés en situation d'alerte, sur les consignes de sécurité à suivre et sur le rôle des autorités dans leur prise en charge. Certains sinistrés (ex : nouveaux arrivants) ont sous-estimé les messages de vigilance diffusés par MétéoFrance alors que d'autres ont été dans l'incapacité de comprendre ou de décoder les signaux d'alerte émis par les autorités. Dans d'autres circonstances, les sinistrés dénoncent l'absence de message de vigilance et d'alerte. D'autre part, le manque de conseils précis, adaptés et pratiques sur la conduite à tenir en cas de montée des eaux est également évoqué.

L'action des professionnels de l'assurance et des collectivités locales en termes de sensibilisation doit être le catalyseur de l'expression du particulier pour l'émergence de ses besoins. L'ensemble des besoins renvoie non seulement aux moyens mis en place par la commune mais également à la capacité de tout un chacun à faire face à la crise et à réduire ses dommages. Pour répondre aux attentes et/ou aux besoins autant des collectivités locales que de la profession de l'assurance et que des particuliers, nous proposons une représentation la plus exhaustive possible de l'ensemble des dommages susceptibles d'affecter l'habitat afin de mettre en évidence les facteurs pouvant faire varier la vulnérabilité de l'habitat.

## **3.2 Comment modéliser la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation ?**

En s'appuyant sur les conclusions de la section précédente où les besoins ont été listés, l'objet de cette section est de bâtir un modèle représentant de manière la plus exhaustive possible la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation.

A partir de la littérature scientifique dans le domaine, la première partie de cette section a pour objet de définir le modèle initial de la « vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation ». Pour cela, la démarche consiste à définir le modèle global de vulnérabilité décliné ensuite en modèles « pratiques » (ex : ERP, PME-PMI) à partir desquels un modèle de la « vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation » a été défini selon une approche semi-quantitative.

L'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation revient à étudier les réactions de l'enjeu lorsqu'il subit une perturbation susceptible d'engendrer des dommages. Par conséquent, la deuxième partie de cette section s'attache à établir une typologie des dommages et des conséquences potentiels.

Ce travail de modélisation a été complété et consolidé par une analyse des retours d'expérience<sup>57</sup>, de connaissances scientifiques et techniques d'experts et d'une analyse expérimentale d'une centaine de dossiers sinistres de l'inondation d'Arles en 2003 mis à disposition par la profession de l'assurance.

### **3.2.1 Du modèle global aux modèles « pratiques » de vulnérabilité**

A partir de références scientifiques nous avons défini un modèle globale de vulnérabilité que nous avons ensuite décliné en sous modèles « pratiques ».

#### **3.2.1.1 Le modèle global de vulnérabilité**

La vulnérabilité est un concept « complexe » dont les définitions ne sont pas unanimes selon les auteurs, les courants de pensées, les époques et les préoccupations socio-économique et politique de notre société. Depuis les années 80-90 en France, les travaux scientifiques foisonnent sur le sujet afin de tenter de définir ce concept [FABIANI et THEYS, 1987 ; D'ERCOLE, 1991 ; CHARDON, 1991 ; LEONE et VINET, 2006 ; REGHEZZA, 2006 ; MENGUAL, 2008]. Selon [LEONE et VINET, 2006], la vulnérabilité est définie comme « une propension à l'endommagement ou au dysfonctionnement de différents éléments exposés (biens, personnes, activités, fonctions, système) constitutifs d'un territoire et d'une société donnée ». Cette propension varie au regard du poids de certains facteurs

---

<sup>57</sup> Les retours d'expériences sont très récents et réalisés, quasi-systématiquement, par des missions confiées aux différents services d'inspection à la suite de catastrophes de grandes ampleurs. Nous avons fait référence aux REX concernant les inondations du 22 septembre 1992 dans les départements de Vaucluse, de la Drôme et de l'Ardèche ; celles des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn ; celles de décembre 2000 et janvier 2001 en Bretagne ; celles d'avril 2001 du bassin de la Somme ; celles de septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes ; du Centre Est et du Sud Est de la France en 2003 ; celles du passage de la tempête Xynthia et du Var en 2010.

d'endommagement qui induisent un certain type de réponse de l'enjeu concerné [D'ERCOLE, 1994].

Pour réduire l'abondance des définitions associées à ce concept, Magali REGHEZZA les regroupe en deux catégories. L'une relève des sciences physiques et ingénieries et l'autre des sciences sociales. La première apprécie le risque selon une démarche probabiliste fondée sur l'occurrence et l'impact potentiel de l'aléa sur les enjeux. La vulnérabilité est ainsi exprimée selon un degré d'endommagement potentiel des enjeux. La seconde fait référence aux définitions des sciences sociales pour lesquelles la vulnérabilité désigne la capacité d'une société à faire face à l'aléa ce qui implique de considérer la préparation de la société aux risques et d'autre part les effets sur le long terme d'un évènement potentiel [D'ERCOLE, 1994 ; IRIS, 2009]. La figure 3-1 illustre l'intérêt suscité par ces disciplines pour « ces vulnérabilités ».

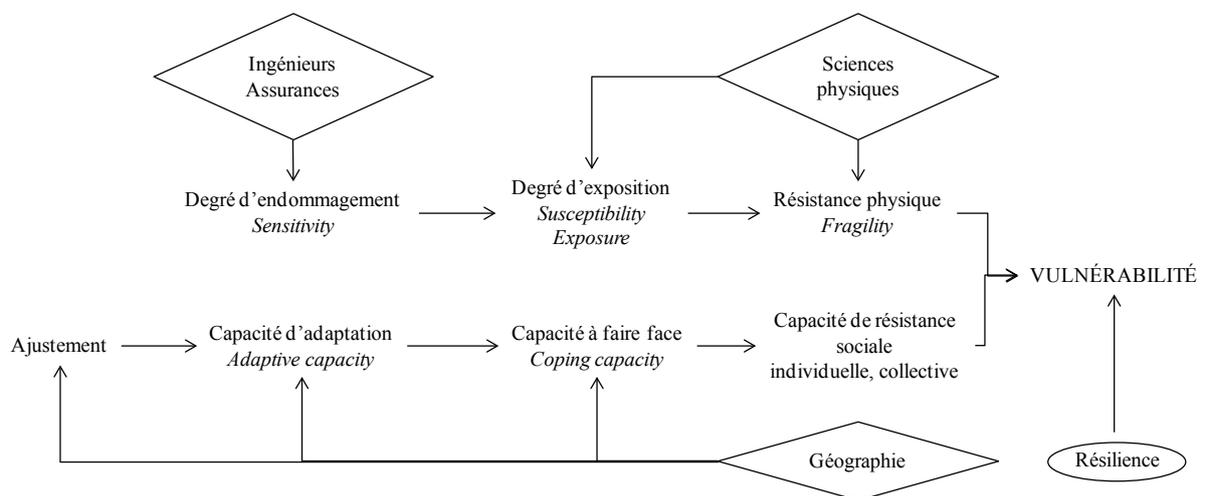


Figure 3-1 Représentation de la « genèse du concept de vulnérabilité » [REGHEZZA, 2006]

[BARROCA, 2006] schématise la genèse des représentations associées au terme de vulnérabilité comme l'indique la figure 3-2.

En considérant notre objet d'étude, la vulnérabilité liée à l'impact de l'aléa renvoie aux mesures structurelles mises en place pour se protéger contre l'aléa. Ces mesures sont le résultat d'initiatives individuelles (ex : batardeaux) et/ou collectives (ex : digues). D'autre part, la vulnérabilité liée à la fragilité de notre enjeu consiste à agir sur l'efficacité et la performance des matériaux et des techniques constructives au regard des caractéristiques de l'aléa.

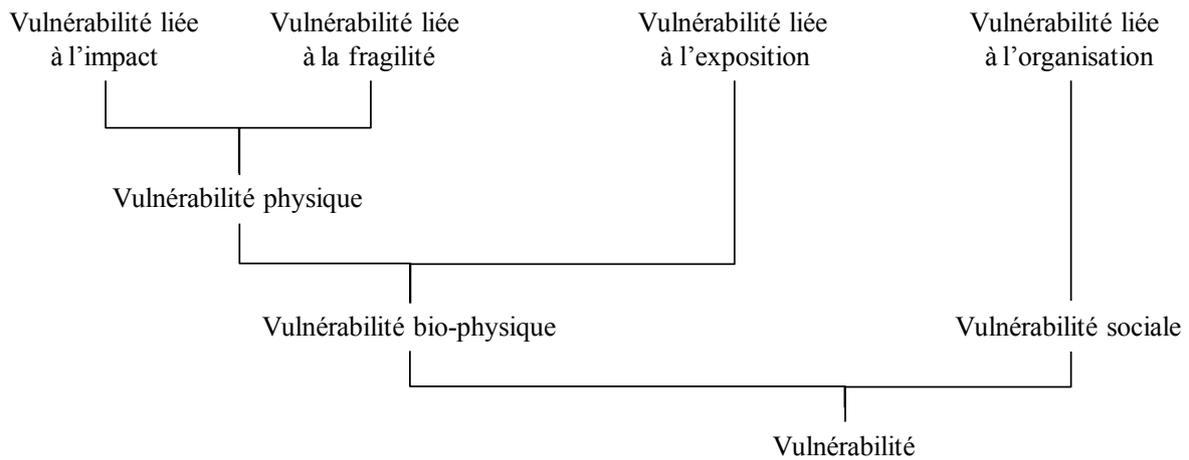


Figure 3-2 « Genèse des représentations associées au terme de vulnérabilité » construit par [BARROCA B, 2006] d'après [REGHEZZA, 2006]

Selon Magali REGHEZZA, la combinaison de l'impact de l'aléa et de la fragilité de l'enjeu constitue une vulnérabilité physique. L'exposition de l'enjeu peut également être la cause d'une vulnérabilité. Cette dernière doit être analysée en fonction de la situation géographique des enjeux vis-à-vis de l'étendue des zones inondables. Selon [LEONE et VINET, 2006], « exposition » et « vulnérabilité » sont indépendantes. Un bien peut être vulnérable sans être exposé aux inondations. D'autre part, deux biens ayant le même degré d'exposition n'ont pas la même vulnérabilité. L'appréciation de cette vulnérabilité doit être à l'origine d'une analyse spatio-temporelle du risque et faire appel aux fonctionnalités des systèmes d'information géographiques (SIG).

Les vulnérabilités liées à l'impact de l'aléa, la fragilité et l'exposition de l'enjeu constituent une vulnérabilité biophysique [REGHEZZA, 2006] dépendante de la nature de l'aléa, de sa probabilité d'occurrence, de l'exposition et de la sensibilité constructive des enjeux.

Enfin, la vulnérabilité sociale traduit la capacité d'une société à anticiper et faire face à l'évènement. Au regard de la politique de gestion du risque évoquée dans le Chapitre 2, cette vulnérabilité renvoie aux mesures de mitigation mises en œuvre pour assurer la protection et la prévention des enjeux sur le territoire.

Selon [HUBERT, LEDOUX, 1999], la vulnérabilité « exprime classiquement le lien entre l'aléa, la nature et l'importance des enjeux exposés, les ressources disponibles pour y faire face (délais pour agir, capacité physique des personnes, moyens financiers pour accélérer la remise en état, la couverture assurantielle des personnes, etc.) et les impacts qui en découlent [...] ».

Il s'agit de caractériser les dommages aux biens par l'analyse de facteurs d'endommagement (susceptibilité) de nature quantitative ou qualitative [HUBERT, LEDOUX, 1999] pouvant soit aggraver soit atténuer les dommages. Selon [D'ERCOLE et METZGER, 2009 (a) & (b)], les mesures de prévention et de protection mises en œuvre par la politique locale de gestion du risque sont identifiées comme étant des facteurs de vulnérabilité susceptibles d'aggraver ou de diminuer la vulnérabilité des enjeux. Complétée de l'étude de l'organisation territoriale et de la vulnérabilité spatiale du territoire, l'étude de la vulnérabilité des enjeux majeurs contribue à analyser la vulnérabilité d'un territoire.

Différents facteurs sont susceptibles de faire varier la vulnérabilité de notre objet d'étude. En considérant la vulnérabilité comme étant le résultat du croisement de données quantitatives sur l'aléa et de données quantitatives et qualitatives sur les enjeux exposés [LEONE et VINET, 2006 ; IRIS, 2009], l'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat individuel doit nécessairement passer par l'utilisation d'outils de mesure et d'analyse géographique des enjeux et de l'aléa.

#### 3.2.1.2 Choix de l'approche d'évaluation de la vulnérabilité de l'enjeu

Parmi les approches quantitatives identifiées, les matrices d'endommagement développées par [LEONE, 1996] consistent à quantifier la nature de l'interaction en fonction de la nature des éléments exposés et de l'intensité de l'aléa. [TORTEROTOT, 1993 ; GRELOT, 2005] introduisent une analyse économique de la vulnérabilité en tenant compte des caractéristiques des enjeux et de l'aléa. La vulnérabilité est ici définie soit comme le pourcentage de ce qui peut être perdu en cas de sinistre, soit comme un coût des dommages potentiels. Cette démarche doit aider les acteurs de la politique à justifier leur investissement dans les mesures de prévention notamment à l'aide d'Analyse Coûts / Bénéfices (ACB) [CEPRI, 2008].

L'approche qualitative introduite par [D'ERCOLE and al., 1994] consiste à identifier et analyser le poids des facteurs d'endommagement qui induisent un certain type de réponse de l'enjeu concerné. L'auteur identifie des facteurs psycho-sociologiques auxquels s'ajoutent des facteurs liés à la culture et à l'histoire des sociétés exposés. Il identifie également les facteurs techniques liés à la qualité de la construction, les facteurs fonctionnels liés à la gestion de crise, les facteurs institutionnels et politico-administratifs liés au système de gestion du risque.

Les premiers ont fait l'objet du courant behavioriste qui suppose que « les catastrophes sont les conséquences des comportements et des réponses mal adaptées des sociétés » [MENGUAL, 2008]. Ce courant a été marqué par les travaux de [DAANISH, 1998] qui s'est attaché à analyser les facteurs sociaux (ex : facteurs cognitifs, perceptifs, etc.) au-delà de la

mesure de l'exposition des enjeux. Ces facteurs qualifient la capacité d'une société à faire face à la catastrophe.

Les seconds ont notamment été repris dans les travaux de [HUBERT et LEDOUX, 1999] qui ont identifié des facteurs « intrinsèques » tel que la nature du bâti et des facteurs de vulnérabilité « extrinsèques » tels que les modes de gestion des secours.

Enfin, l'approche semi-quantitative retenue par [MENGUAL, 2008] consiste à considérer à la fois le volet quantitatif et le volet qualitatif. Il s'agit ainsi d'étudier les éléments à risques et leurs facteurs de vulnérabilités. Selon [D'ERCOLE, 1994], l'approche consiste en une hiérarchisation sociale et/ou spatiale des éléments exposés. Un des objectifs de cette approche est de pouvoir établir des cartes de vulnérabilité résultant du croisement de plusieurs facteurs (techniques, sociaux, etc.). Ces facteurs peuvent être quantifiés au moyen d'indicateurs ou appréciés qualitativement par le biais de diagnostics et d'enquêtes, puis pondérés par la suite.

Nous retiendrons donc l'approche semi-quantitative dans le cadre de nos travaux de recherche. Il s'agit de caractériser les dommages aux biens par l'identification et l'analyse des facteurs d'endommagement de nature quantitative et/ou qualitative susceptibles de faire varier la vulnérabilité de notre enjeu d'étude. Cette approche a l'avantage de pouvoir constituer un dispositif d'aide à la décision susceptible de répondre aux besoins évoqués précédemment.

L'opérationnalisation de cette approche est celle du diagnostic associé à un Système d'Information Géographique (SIG) dite : approche « prospective » [LEONE et VINET, 2006]. Ceci rappelle les méthodes<sup>58</sup> mises en œuvre par les bureaux d'études et les scientifiques pour le compte des syndicats de bassin (réf. Chapitre 2). Notre démarche consiste à concevoir le modèle de la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation par analogie aux modèles « pratiques » de vulnérabilité (ex : Etablissement Recevant du Public (ERP)<sup>59</sup>, PME-PMI<sup>60</sup>). Ces derniers ont été complétés par l'étude de la démarche de Magali Reghezza concernant l'approche analytique d'éléments constitutifs de la métropole parisienne face à l'inondation.

---

<sup>58</sup> Les méthodes opérationnelles couvrent plusieurs secteurs : les activités agricoles [ASCA, 2001], les PME-PMI [MENGUAL, 2008], les Etablissements Recevant du Public (ERP) [CHAUVITEAU, VINET, 2006], les grandes entreprises par des diagnostics à conduire en régie ou à sous traiter [LEDOUX and SAGERIS, 2000] et les équipements publics liés à l'eau [LANGUMIER, 2001].

<sup>59</sup> CHAUVITEAU C et VINET F., La vulnérabilité des ERP et des entreprises face aux inondations : méthode d'analyse appliquée dans le Bassin de l'Orb (Hérault)

<sup>60</sup> MENGUAL P., 2008, La réduction de la vulnérabilité des PME-PMI aux inondations, Sciences du Risque et du Danger (SRD), série Innovations, Edition Tec et Doc Lavoisier.

### 3.2.1.3 Les modèles « pratiques » de vulnérabilité ...

Les modèles suivants ont été réalisés pour répondre aux préoccupations des politiques publiques et / ou des acteurs économiques. La mise en évidence des vulnérabilités de chaque enjeu d'étude aide à proposer des leviers d'action à partir desquels il est possible de réduire la vulnérabilité.

#### 3.2.1.3.1 Modèle de vulnérabilité de la métropole Parisienne

A partir des travaux réalisés par [GLEYZE, 2005], l'approche analytique utilisée par [REGHEZZA, 2006] met en évidence les vulnérabilités des enjeux constitutifs de la métropole parisienne face à l'inondation. En se réappropriant la démarche de [GLEYZE, 2005] (figure 3-3), Magali REGHEZZA dégage ainsi trois types de vulnérabilités découlant de la succession des dommages occasionnés par l'impact de l'aléa sur l'enjeu d'étude (figure 3-4). Cet « effet domino » est conditionné par un agent perturbateur : l'aléa. Ce dernier impacte l'enjeu qui est exposé et provoque des dommages matériels qui dégradent la structure (i.e. de l'organisation) de l'enjeu et conduisent aux dommages structurels.

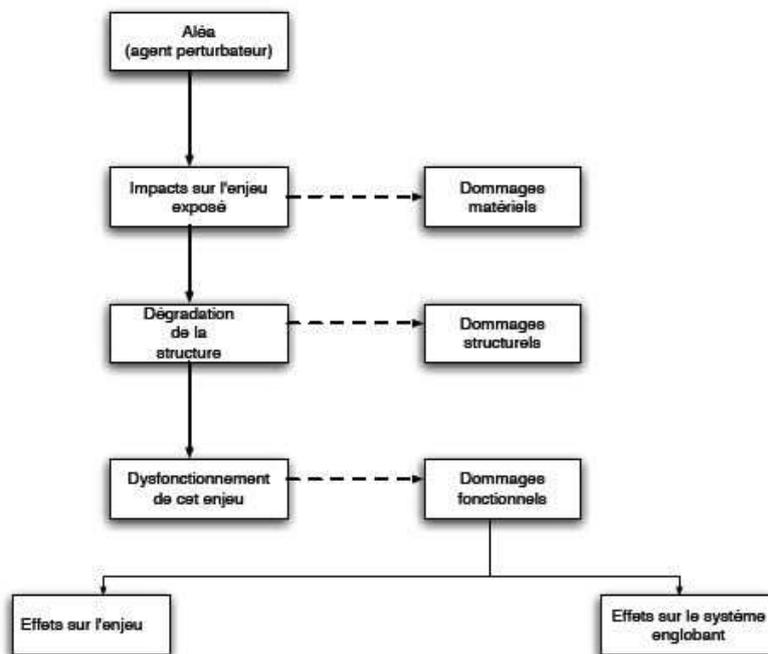


Figure 3-3 Dommages matériels, structurels, fonctionnels [REGHEZZA, 2006] d'après [GLEYZE, 2005]

La combinaison des dommages matériels et structurels conduit au dysfonctionnement de l'enjeu i.e. aux dommages fonctionnels qui eux même ont des effets sur l'environnement de l'objet d'étude.

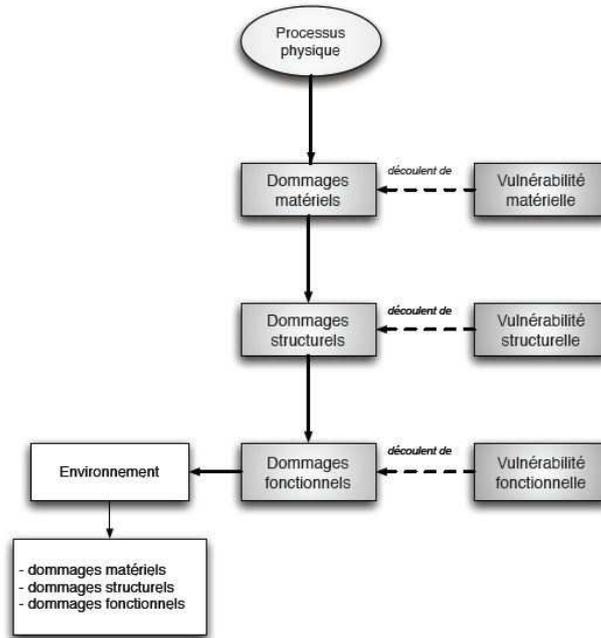


Figure 3-4 Vulnérabilité matérielle, fonctionnelle et organisationnelle [REGHEZZA, 2006]

Cette démarche a l'avantage de mettre en évidence des vulnérabilités d'éléments constitutifs d'un territoire. Pour aller plus loin, nous nous sommes inspirés des modèles de vulnérabilité des ERP et des PME-PMI qui se rapprochent aux mieux de notre objet d'étude par analogie.

#### 3.2.1.3.2 Modèle de vulnérabilité des Etablissements Recevant du Public (ERP)

Fondée sur une approche semi-quantitative, l'évaluation de la vulnérabilité des ERP [CHAUVITEAU et VINET, 2006] a pour objectif de cibler les établissements les plus sensibles à l'inondation pour lesquels des solutions de mitigation peuvent être proposées à partir d'une hiérarchisation des priorités. Modulée en fonction des niveaux d'aléa des PPRI, l'appréciation de la vulnérabilité des ERP est réalisée à partir d'une grille d'analyse multicritères (figure 3-5).

La vulnérabilité est déclinée en quatre axes : la vulnérabilité humaine (fréquentation et perception des utilisateurs), la vulnérabilité structurelle des bâtiments, la vulnérabilité économique et la mise en place ou non de mesures de prévention et de protection.

Chacune de ces vulnérabilités est caractérisée par un type de critères (quantitatifs, qualitatifs, qualitatif ordinal ou binaire) renseignés par enquête de terrain et/ou données publiques (ex : INSEE).

Axes	Critères	Type de critères	Sources
Vulnérabilité humaine	Nombre de personnes concernées quotidiennement	Quantitatif	INSEE, enquête de terrain
	Fréquentation moyenne par jour de l'établissement par le public	Quantitatif	Enquête de terrain
	Type de public	Qualitatif	Enquête de terrain
	Possibilité(s) d'évacuation	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Perception des crues de l'Orb	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Comportement en cas de crise	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
Vulnérabilité structurelle du bâtiment	Qualité des fondations	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Qualité de la structure	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Mode de chauffage utilisé	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteur du compteur électrique	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteurs des prises électriques	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteurs des prises téléphoniques	Qualitatif	Enquête de terrain
	La couverture du sol	Qualitatif	Enquête de terrain
	La couverture des murs	Qualitatif	Enquête de terrain
Vulnérabilité économique	Les mesures de protections spécifiques	Binaire	Enquête de terrain
	Matériel lié à l'activité	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain, CCI
	Possibilité de mettre ce matériel hors d'eau	Binaire	Enquête de terrain
	Pertes maximales envisagées	Quantitatif	Enquête de terrain
Les mesures de prévention existantes	Modalité d'assurance	Binaire	Enquête de terrain, assurance
	Présence de plan de mise en sécurité	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain, commune

Figure 3-5 Récapitulatif des axes selon les critères d'évaluation de la vulnérabilité [CHAUVITEAU et VINET, 2006]

Chaque critère est ensuite défini en classes. Chacune d'elles est pondérée par un nombre de points en positif ou en négatif selon que le facteur est considéré comme aggravant ou diminuant la vulnérabilité. A partir de cette attribution de points, une discrétisation permet de quantifier la vulnérabilité humaine (figure 3-6).

Vulnérabilité élevée	[12 ; 7[
Vulnérabilité moyenne	[7 ; 3]
Vulnérabilité faible	[3 ; -3]

Figure 3-6 L'échelle de vulnérabilité humaine [CHAUVITEAU et VINET, 2006]

Les critères qui caractérisent la vulnérabilité structurelle du bâtiment ont principalement été définis à partir des travaux scientifique et technique du CSTB. Dans le souci d'une remise en état et d'une réintégration rapide des lieux, l'étude porte une attention toute particulière à la fiabilité des équipements/réseaux en cas d'inondation. La localisation des équipements de chauffage, d'électricité et de communication est un des critères pris en compte. Les revêtements des sols et des murs ont été classés par type de matériaux et pondérés en fonction de leur résistance à l'eau. L'ensemble des critères a ensuite été pondéré selon la présence ou

non de mesures de réduction de la vulnérabilité (batardeau, vide sanitaire, etc.). Une seconde discrétisation a donc été réalisée pour quantifier la vulnérabilité structurelle.

La vulnérabilité économique est appréciée par des critères liés à la vulnérabilité du matériel (ex : matériaux de construction, électroménager, affaires personnelles, etc.) i.e. sa réactivité à l'eau et sa valeur financière. Ces critères sont pondérés selon la possibilité ou non de mettre hors d'eau ce matériel. Le coût des dommages potentiels à l'inondation est également pris en compte dans la caractérisation de la vulnérabilité de l'ERP. L'ensemble des critères sont pondérés selon que l'ERP est assuré ou non. Une troisième discrétisation permettant de quantifier la vulnérabilité économique est réalisée. Enfin, une échelle des mesures de prévention (ex : PPMS<sup>61</sup>, etc.) est créée. La présence d'une mesure de prévention indique l'existence d'une prise de conscience du risque sensée réduire la vulnérabilité de l'ERP. L'ensemble de ces vulnérabilités permet d'apprécier la vulnérabilité globale de l'ERP.

Un second modèle vient enrichir nos acquis. Le modèle des PME-PMI a été conçu pour répondre aux besoins des entrepreneurs en matière de gestion du risque inondation. Il s'agit d'améliorer la sécurité du personnel, d'accélérer la reprise de l'entreprise et de réduire les dommages matériels.

### 3.2.1.3.3 Modèle de vulnérabilité des PME-PMI

L'appréciation de la vulnérabilité des PME-PMI relève également d'une approche semi-quantitative. Elle est représentée par le modèle suivant (figure 3-7).

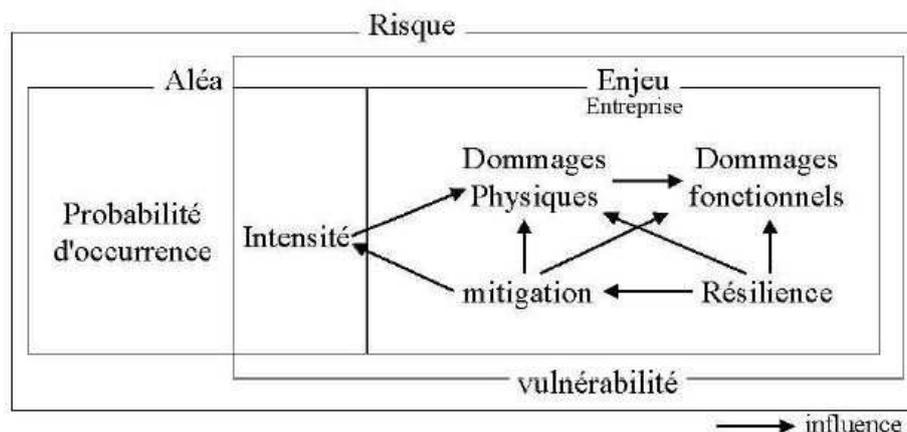


Figure 3-7 Schématisation du système « risque d'inondation et entreprise »  
[MENGUAL et GUARNIERI, 2006]

<sup>61</sup> Plan Particulier de Mise en Sureté (PPMS).

Contrairement aux précédents modèles (à l'exception du modèle de la métropole Parisienne), Paul MENGUAL anticipe la vulnérabilité des PME-PMI en décrivant l'ensemble des conséquences dommageables susceptibles d'affecter l'objet d'étude lors d'une inondation. A l'image des travaux effectués par [REGHEZZA, 2006], l'auteur apprécie la vulnérabilité des PME-PMI en tenant compte de l'interaction des dommages potentiels avec la réalisation ou non de mesures de mitigation et la capacité des entrepreneurs à faire face à la crise. L'auteur définit ainsi une vulnérabilité physique (dommages matériels) influencée par l'intensité de l'aléa<sup>62</sup>, la mitigation et la résilience. La mitigation consiste à réduire les dommages matériels par des mesures agissant sur l'intensité de l'aléa ou sur la vulnérabilité physique de l'enjeu. La vulnérabilité fonctionnelle, quant à elle, découle des dommages matériels qui eux même dépendent de la mise en place d'opérations de mitigation et de la capacité du système à réduire les dommages. La résilience agit à la fois sur les dommages matériels, fonctionnels et les mesures de mitigation.

L'ensemble des dommages mis en évidence amène l'auteur à définir une cinquantaine de critères susceptibles de faire varier la vulnérabilité de l'objet d'étude. Une analyse structurelle a abouti au classement des critères en deux dimensions [MENGUAL, 2006] :

- Une dimension matérielle et fonctionnelle,
- Une dimension immatérielle et organisationnelle.

Ce modèle a débouché sur la réalisation d'une méthode d'autodiagnostic sur laquelle nous reviendrons dans la suite de ce chapitre.

A partir des acquis tirés de la définition globale de la vulnérabilité et de l'étude des modèles dits « pratiques », nous sommes en mesure de construire notre propre modèle de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation qui sera validé et rafraîchi au fil de la démarche (figure 3-8).

#### 3.2.1.4 ...Transposés au modèle de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation

La construction de la schématisation du système « risque d'inondation et habitat » s'est inspirée du système développé par [MENGUAL, 2008]. La figure 3-8 représente l'imbrication du concept de vulnérabilité dans celui du risque naturel (ici inondation) [MENGUAL, 2008].

---

<sup>62</sup> La probabilité d'occurrence étant trop incertaine l'auteur s'en est affranchie.

Notre démarche consiste à concevoir notre système comme un « emboîtement d'échelle » où la vulnérabilité de l'habitat est influencée par une vulnérabilité liée à la politique locale de gestion du risque. Le premier processus de lecture fait intervenir : l'intensité de l'aléa, la vulnérabilité matérielle, fonctionnelle, organisationnelle et les mesures de mitigation existantes.

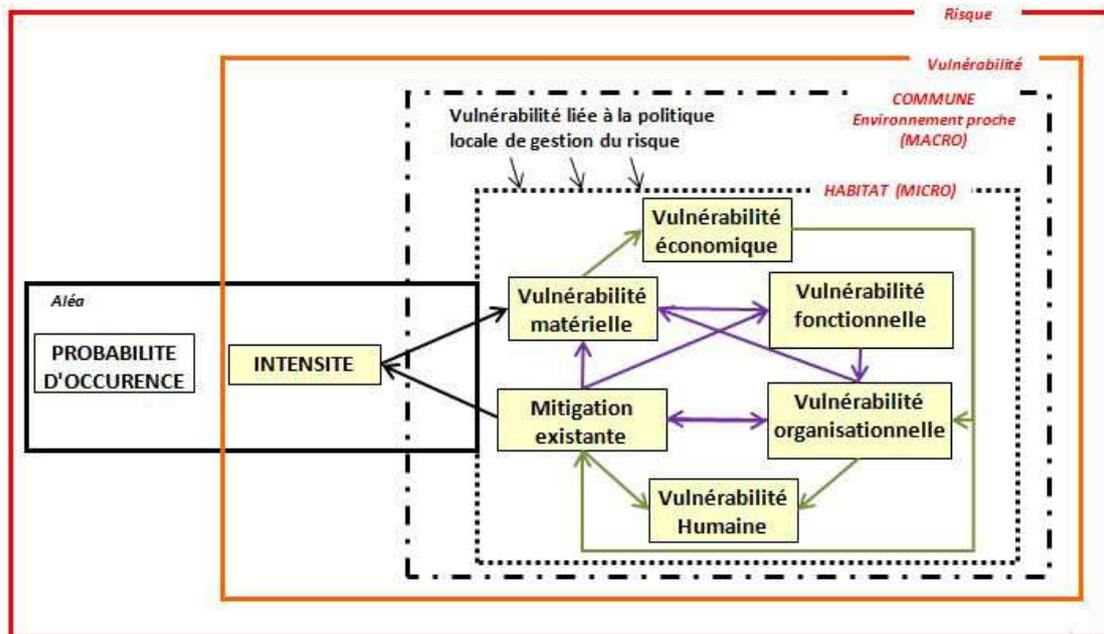


Figure 3-8 Schématisation du système « risque d'inondation et habitat »

Cette première tentative de modélisation met en évidence une vulnérabilité physique (matérielle) relative aux dommages matériels qui sont influencés par :

- l'intensité de l'aléa,
- la capacité des particuliers à s'organiser pour faire face à l'évènement,
- les mesures de mitigation existantes.

Les dommages matériels sont susceptibles d'engendrer des dommages fonctionnels venant perturber les besoins fondamentaux des occupants et engendrent ainsi une désorganisation des particuliers.

Les dommages fonctionnels et organisationnels sont influencés par la mise en place de mesures de mitigation (ex : rehausser les équipements/réseaux, mise en place d'un PFMS). A l'inverse, l'absence de mesures de mitigation agit sur la vulnérabilité organisationnelle et fonctionnelle.

Le second processus de lecture fait intervenir : l'intensité de l'aléa, la vulnérabilité matérielle, économique, organisationnelle, humaine et les mesures de mitigation existantes.

Du premier processus énoncé précédemment découle une vulnérabilité économique. Cette vulnérabilité résulte des coûts et surcoûts engendrés par les dommages matériels, fonctionnels et organisationnels. Elle se définit également par l'absence de mesures de mitigation existantes et par la capacité du particulier à faire face ou non à ces coûts.

Les surcoûts supportés par les particuliers agissent également sur la capacité de retour à la normale. A titre d'exemple, l'absence de couverture d'assurance peut fragiliser la santé financière des particuliers.

La vulnérabilité humaine découle également du premier processus. L'absence de mesures de mitigation existante (ex : PFMS) et le manque d'organisation des particuliers sont susceptibles de mettre en péril la sécurité des particuliers.

L'ensemble de ces vulnérabilités énoncées précédemment constitue une vulnérabilité globale de l'habitat. Au regard des lacunes de la politique locale de gestion du risque (réf. Chapitre 2), cette dernière est susceptible de varier au regard des moyens mis en place par la commune pour gérer le risque inondation. Ces moyens représentent l'ensemble des instruments réglementaires issus de l'information préventive (ex : DICRIM, IAL, etc.), de la réglementation de l'occupation du sol (ex : PPRI) et de l'organisation des secours (ex : PCS).

A titre d'exemple, on peut considérer que la vulnérabilité de l'habitat sera plus élevée en l'absence de politique de mitigation à l'échelle de la commune.

Nous ne nous intéresserons pas à la probabilité d'occurrence de l'évènement même si nous considérons que la probabilité d'occurrence peut justifier la mise en place de certaines mesures de mitigation (voir Chapitre 2). Tout comme Paul Mengual, nous considérons que « dans une démarche de réduction de la vulnérabilité il faut envisager le pire pour évaluer la vulnérabilité maximale des enjeux » [MENGUAL, 2008]. Notre approche sera alors déterministe.

La section suivante consiste à faire état de l'ensemble des conséquences et dommages engendrés par une inondation sur l'habitat.

### **3.2.2 Vers une typologie des dommages**

« L'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat individuel revient à étudier les réactions de l'enjeu lorsqu'il subit une perturbation susceptible d'engendrer des dommages »

[MENGUAL, 2008]. Les conséquences liées à la submersion de l’habitat, à la situation créée par l’inondation et par la politique de gestion du risque à l’échelle de la commune sont schématisées afin d’établir une typologie des dommages et des conséquences potentiels.

L’analyse de retours d’expériences, des travaux scientifiques et techniques [DGHUC et CSTB, 2005], la mobilisation d’experts en assurance et l’analyse expérimentale d’une centaine de dossiers sinistres ont constitué une base de connaissances destinée à enrichir et consolider une typologie des dommages à l’habitat abordée dans le Chapitre 1 [CALYXIS, 2010 (a) & (b)]. L’apport de connaissances émanant d’un groupe de travail d’experts en assurance a permis de définir des dommages matériels directs à l’habitat. Cette connaissance a été retranscrite dans un « tableau générique » (Annexe 1) où pour chaque ouvrage a été défini le dommage potentiel et la recommandation associés.

### 3.2.2.1 L’environnement de l’habitat

L’étude de la vulnérabilité de l’habitat à l’inondation ne peut s’affranchir de l’étude de la vulnérabilité de son environnement qui, perturbé, endommagé ou inefficace peut accentuer les dommages à l’habitat et par conséquent à l’habitant.

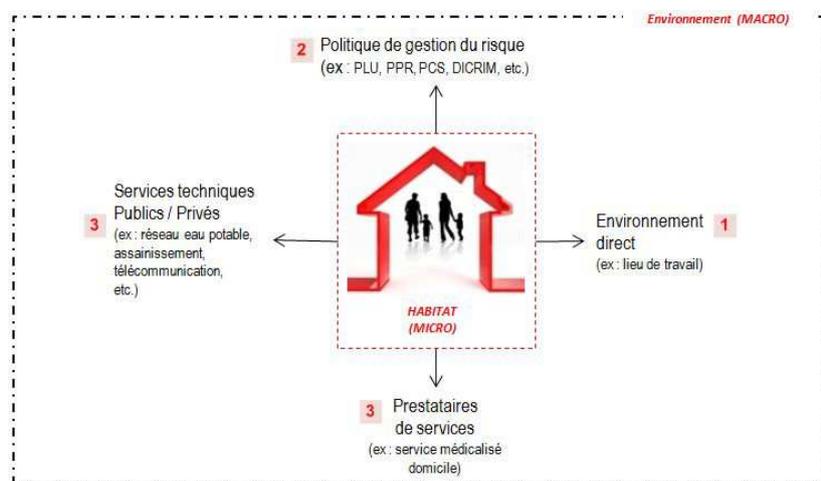


Figure 3-9 Typologie des conséquences d’une inondation sur l’environnement de l’habitat individuel

Par conséquent, l’état des dommages et des conséquences est réalisé selon une logique d’ « emboîtement d’échelles » (commune, habitat, habitant) avec un focus sur l’habitat

Les dommages et les conséquences sont constatés au regard de l’efficacité de la politique de gestion du risque exercée sur la commune (environnement). Les paragraphes ci-dessous

reprennent les éléments de la typologie de la figure 3-9 afin de décrire les relations entretenues entre l'habitat et son environnement.

(1) L'efficacité de la politique locale de gestion du risque conditionne l'information du particulier sur le risque encouru, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et l'efficacité de la prise en charge du particulier par les services de secours. Sans information et anticipation, les particuliers sont susceptibles d'avoir un comportement à risque et de mettre en péril leur sécurité. D'autre part, en l'absence de PPRI sur la commune, les particuliers supportent un surcoût lié à la modulation de la franchise.

(2) Services techniques Publics / Privés et Prestataires de services :

Les réseaux d'eau potable, d'assainissement, de gaz et d'électricité sont des utilités<sup>63</sup> indispensables pour satisfaire les besoins fondamentaux des habitants. L'interruption ou perturbation de ces réseaux entraîne le dysfonctionnement voire l'arrêt d'« activité de l'habitat ». Par conséquent, les occupants sont contraints de quitter leur logement pour être relogés. D'autre part, ces perturbations peuvent être la cause d'une remise en état tardive de l'habitat et ainsi repousser la réintégration du lieu d'habitation. Un relogement prolongé est un coût affectif et économique difficilement supportable pour les particuliers. L'interruption des réseaux de communication et de télécommunication ont des conséquences sur l'organisation et la sécurité des particuliers mais également sur la remise en état de l'habitat. L'inondation des voies d'accès et/ou des réseaux téléphoniques (pendant ou après) retarde l'arrivée des secours, reporte l'expertise des dommages, entraîne l'isolement physique ou l'exclusion des particuliers et retarde la remise en l'état de l'habitat.

(3) L'environnement direct, autrement dit les abords de l'habitat sont également source de dommages potentiels. Le degré de mobilité du mobilier de jardin, des citernes de fioul, des véhicules et / ou produits dangereux sont autant d'éléments ou de projectiles susceptibles d'endommager le bâti (ex : pollution, contamination, mobilité d'objets ou de produits dangereux, déversement d'une citerne de fioul, etc.).

D'autre part, un lieu de travail inondé peut entraîner le chômage technique des salariés et par conséquent fragiliser la santé financière des particuliers.

---

<sup>63</sup> Fourniture en eau, électricité, gaz et télécommunication

La figure 3-10 détaille les conséquences liées à la submersion de l'habitat et à l'efficacité de la politique locale de gestion du risque. Comme évoqué précédemment, il s'agit d'envisager le scénario du « pire » afin d'optimiser l'ensemble des conséquences possibles.

Trois types de conséquences sont mis en évidence (voir légende de la figure 3-10) :

- (A) Les « conséquences de l'environnement » sont les conséquences causées indirectement par la rupture entre l'habitat et son « environnement ».
- (B) Les « conséquences intermédiaires » sont les conséquences liées directement à la submersion de l' « habitat ».
- (C) Les « conséquences finales » découlent de l'ensemble des conséquences directes et indirectes et s'adressent à l' « habitant ».

Ce système décrit le processus des causes et des conséquences d'une inondation sur l'habitat en mettant en évidence les acteurs concernés directement ou indirectement par l'inondation mais également l'efficacité des instruments de la politique de gestion du risque.

Cette formalisation des conséquences d'une inondation sur l'habitat nous amène à réaliser une typologie des dommages.

Afin de préciser l'état des dommages réalisés dans le Chapitre 1 et en l'absence de données suffisamment précises dans le secteur public, nous avons consolidé nos connaissances d'une analyse de dossiers sinistres. D'autre part, une étude menée auprès des experts à la suite de la tempête Xynthia, est venue enrichir et conforter nos connaissances en la matière.

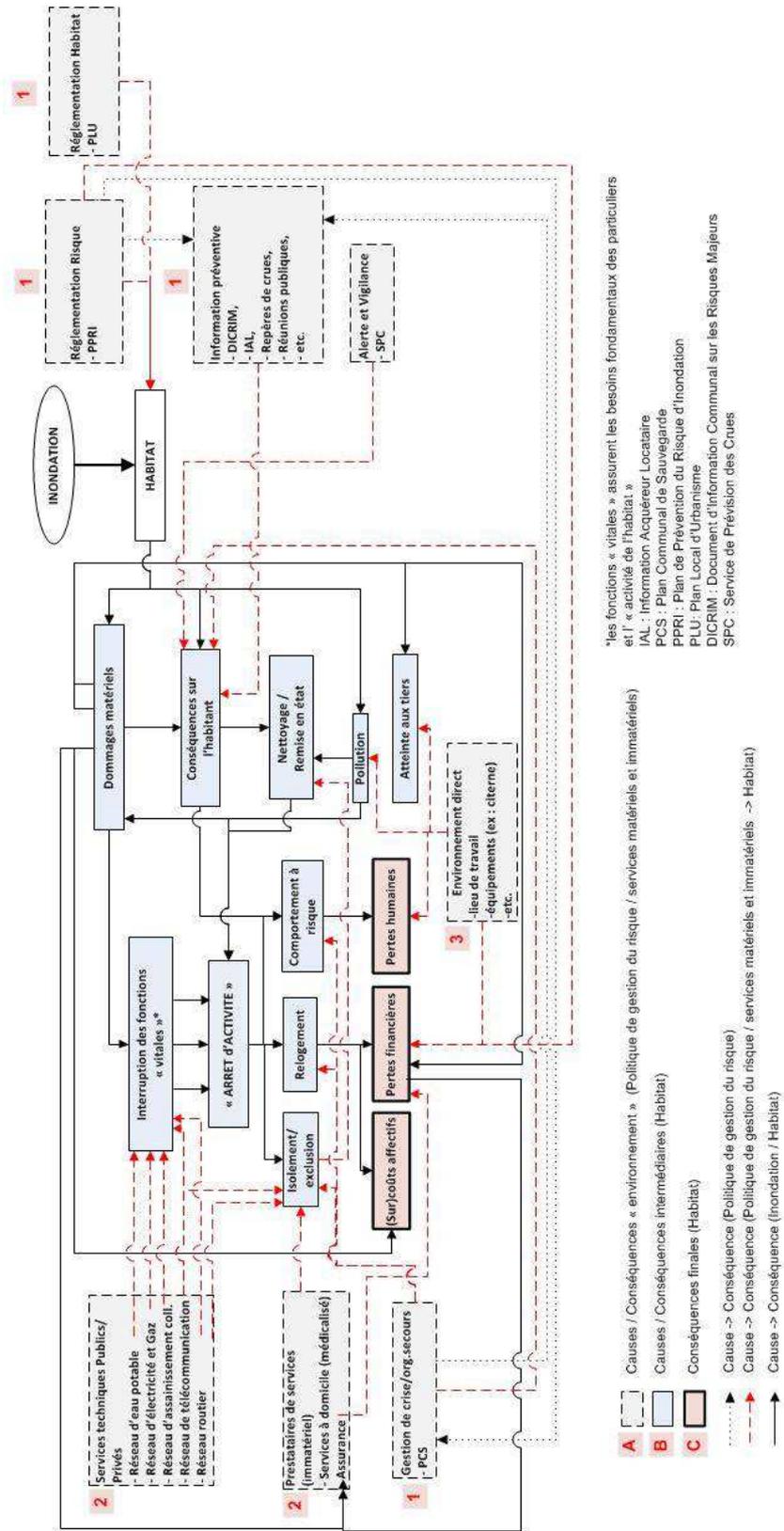


Figure 3-10 La formalisation des conséquences d'une inondation sur l'habitat en système

### 3.2.2.1.1 La nature des dommages issus de l'analyse des « Dossiers Sinistres CatNat »

En tant que seule source d'information sur les dommages à l'échelle micro-économique, nous avons mené une étude expérimentale<sup>64</sup> sur les dossiers sinistres de l'inondation d'Arles en 2003 mis à notre disposition par la profession de l'assurance. Le contexte de l'étude, les limites d'exploitation des données et la méthodologie sont explicitées en Annexe 2. L'analyse porte sur la totalité des dossiers saisis auprès de deux compagnies d'assurance, soit une centaine. L'exhaustivité et les caractéristiques des données renseignées dans les dossiers ont été mises en évidence en Annexe 2.

Nous avons utilisée une matrice de corrélation pour mettre en évidence les liaisons de dépendance linéaire entre les coûts et les dommages, c'est-à-dire les liaisons que les divers éléments endommagés présentent les uns envers les autres.

Pour des raisons de lisibilité la matrice est représentée en Annexe 2. La lecture de cet exemple illustratif montre que l'état d'endommagement des murs permet d'avoir une idée assez précise des dommages prévisibles subits par les appareils électriques, tels que des radiateurs par exemple, ou du mobilier. Dans l'état actuel, il reste cependant difficile d'aboutir à une interprétation robuste sur la base de cette matrice du fait du faible nombre d'observations croisées. Ce niveau de robustesse devrait croître avec l'augmentation des observations croisées.

L'essai de modélisation du coût unitaire des préjudices amène à mieux apprécier la nature des dommages pouvant affecter l'habitat des particuliers. Les variables renseignées dans les dossiers ont toute leur importance mais la faiblesse des observations et le manque d'exhaustivité de certaines limite notre interprétation (ex : Catégorie Socioprofessionnelle, Topographie terrain, etc.).

Les résultats de l'étude, présentés ci-après, mettent en évidence les types de dommages matériels directs et leurs coûts moyens associés à partir d'une analyse des devis des travaux contenus dans les dossiers sinistres.

---

<sup>64</sup> Document technique « Analyse des dossiers sinistres des inondations d'Arles en 2003 », Septembre 2010.

L'analyse des devis de réparation met en exergue un coût moyen par type de dommages matériels (ex : mobiliers, équipements, matériaux, etc.) classé selon un ordre décroissant (figure 3-11).

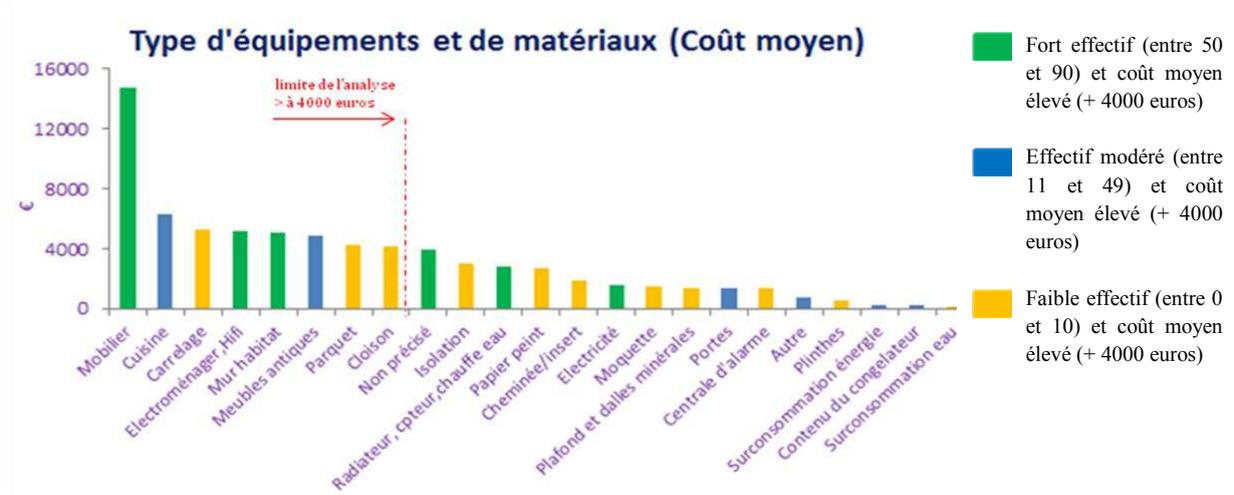


Figure 3-11 Représentation de l'endommagement des équipements et matériaux selon leurs effectifs et leurs coûts

Les dommages matériels les plus fréquemment rencontrés dans les dossiers sinistres sont mis en évidence par un code couleur.

Nous avons choisi d'analyser les dommages matériels de plus de 4 000 euros<sup>65</sup>. Les dommages aux mobiliers, aux équipements électroménagers et aux revêtements des murs intérieurs sont les plus fréquents (plus de 70 %). Le coût moyen du mobilier atteint 15 000 euros. Les cuisines et les meubles sont moins fréquents (35%). Les dommages aux cuisines (intégrées) représentent un coût moyen de 6500 euros après le mobilier. Enfin, les dommages aux revêtements des sols (ex : parquet, carrelage, etc.) ont un coût moyen de plus de 4 000 euros (dépend du coût au m2) mais sont moins fréquents. Ces résultats mettent en évidence les dommages les plus récurrents et les plus dommageables.

L'analyse suivante consiste à mettre en évidence la répartition du coût moyen par nature et type de dommages à l'habitat selon un coût moyen :

- la répartition du coût moyen des dommages directs et indirects
- la répartition du coût moyen par type de travaux liés aux dommages immobiliers ;

<sup>65</sup> L'ensemble des dommages de plus de 4000 euros représente 65% des coûts totaux (en sachant que 13% du coût total est imputable à des éléments non précisés car le devis n'est pas assez précis).

- la répartition du coût moyen par type de biens immobiliers endommagés
- la répartition du coût moyen par type de dommages indirects

La figure 3-12 illustre la répartition des dommages par type : direct, indirect et inconnu.

- Un dommage direct résulte d'un contact physique entre l'enjeu et l'aléa (exemple : dégradation cloison, etc.)
- Un dommage indirect est la conséquence indirecte des dommages directs (exemple : nettoyage, perte du contenu du congélateur).
- La part d'inconnu est importante. Cela correspond aux dommages non qualifiés dans les dossiers sinistres.

Le graphique ci-dessous représente la répartition du coût moyen par type de dommages (directs, indirects) :

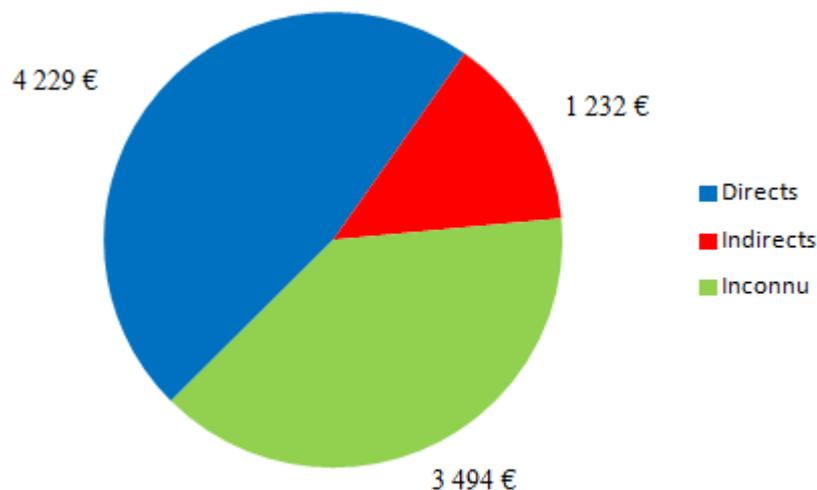


Figure 3-12 : Représentation du coût moyen par type de dommages directs et indirects

Les dommages matériels directs sont les plus représentés dans les dossiers, avec un coût moyen de 4229 euros. En théorie, le régime CatNat ne couvre pas les dommages indirects. Néanmoins, certains sont couverts par des garanties optionnelles que peuvent souscrire les assurés afin de bénéficier d'une plus large indemnisation.

Chaque type de dommages a été analysé dans le détail : les types de travaux liés aux dommages immobiliers, les types de biens mobiliers et immobiliers endommagés et enfin les types de dommages indirects.

Les tableaux suivants représentent les dommages affectant les éléments constitutifs de l'habitat (mobilier, revêtements des sols, etc.) selon un coût moyen et un effectif.

L'analyse doit prendre en considération deux composantes :

- les effectifs seuls ne renseignent pas sur le coût attribuable à l'élément endommagé. Avoir 60 devis de réparation d'un élément X et 20 pour un élément Y ne signifie pas que X est prioritaire à Y.
- un coût moyen fort mais d'effectif faible peut être sous déprécié au profit d'un coût moyen plus modéré mais avec un effectif plus important.

La répartition du coût moyen (CM) par type de travaux liés aux dommages immobiliers est illustrée dans le Table 3-1. Les travaux relatifs aux cuisines intégrées sont les plus coûteux (coût moyen de 7236 euros) viennent ensuite les travaux de ravalement de façades (coût moyen de 4710 euros) et ceux des revêtements des murs (coût moyen de 4180 euros) qui sont fréquemment endommagés (103) contrairement au deux précédents (respectivement 28 et 20).

Type de travaux	CM	Effectifs
Cuisine intégrée	7 236 €	28
Ravalement	4 710 €	20
Piscine	4 287 €	3
Revêtements murs	4 180 €	103
Plâtrerie	3 704 €	19
Revêtements sols	3 297 €	44
Isolation	3 040 €	3
Eau chaude Sanitaire / Chauffage	2 637 €	60
Véranda	2 399 €	1
Mur d'enceinte	2 233 €	1
Menuiserie	2 130 €	14
Maçonnerie	1 999 €	24
Démolition / déblais	1 824 €	5
Installation électrique	1 612 €	66
Système d'alarme	1 375 €	5
Autre (<1000€)	503 €	45

(Res4 : Dommages directs → Immobilier → Répartition par type de travaux)

Table 3-1 Répartition du coût moyen par type de travaux liés aux dommages immobiliers

Remarques : Si la valeur de l'effectif est supérieure au nombre de dossiers cela signifie qu'il y a eu plusieurs interventions pour un même type de travaux. A titre d'exemple, dans la table 3-1, l'effectif (103) concernant les travaux des revêtements des murs s'est répété plusieurs fois pour un même habitat sinistré.

La répartition du coût moyen (CM) par type de biens immobiliers endommagés est illustrée dans la Table 3-2. On retrouve les cuisines intégrées suivi des murs /murs porteurs<sup>66</sup> (4919 euros) qui font parti des biens les plus fréquemment endommagés (83).

<sup>66</sup> Il n'y a pas de précision sur la nature de l'élément « murs / murs porteurs », par conséquent ce dernier peut se confondre avec l'élément « cloisons ».

Type de bien	CM	Effectifs
Cuisine intégrée	7 236 €	28
Electroménager non précisé	5 187 €	74
Murs/Murs porteurs	4 919 €	83
Terrasse	4 510 €	15
Piscine	4 287 €	3
Cloisons	3 620 €	23
Non précisé	3 266 €	100
Chauffe-eau / cumulus	3 252 €	28
Façade	2 887 €	36
Sols	2 669 €	29
Radiateurs	2 499 €	20
Véranda	2 399 €	1
Cheminée / Insert	2 074 €	6
Portes / Fenêtres	1 914 €	31
Porte(s)	1 814 €	34
Equipement installation électrique non précisé	1 629 €	65
Autre (<2000€)	1 247 €	484

(Res3 : Dommages directs → Répartition par type de biens)

Table 3-2 Répartition du coût moyen par type de biens immobiliers endommagés

L'installation électrique est le bien le plus fréquemment endommagé après les murs de l'habitat (65) et dont le coût moyen est de 1629 euros. Les biens non précisés ont un coût moyen non négligeable et sont fréquemment endommagés.

La répartition du coût moyen (CM) par type de biens mobiliers est illustrée dans la Table 3-3. Les meubles (non précisés) sont les plus fréquemment endommagés et ont un coût moyen de 15 283 euros. Les équipements électroménagers sont également les plus endommagés et ont un coût moyen de 5187 euros.

Type de biens	CM	Effectifs
Meubles d'antiquité	4 897 €	12
Meubles non précisés	15 283 €	80
Mobilier de jardin	630 €	14
Moustiquaire	343 €	5
Non précisé	547 €	2
Outils de bricolage	885 €	21
Pompe	587 €	3

(Res10 : Dommages directs → Mobilier → Répartition par type de biens)

Table 3-3 Répartition du coût moyen par type de biens mobiliers endommagés

La répartition du coût moyen (CM) par type de dommages indirects est illustrée dans la Table 3-4.

Type de travaux	CM	Effectifs
Mesures conservatoires	3 004 €	45
Coût du temps de nettoyage	1 285 €	61
Achat / Location de déshumidificateur/assèchement	489 €	24
Achat de produits de nettoyage	327 €	13
Surconsommation Energie	277 €	30
Perte contenu congélateur	249 €	14
Surconsommation eau	138 €	10

(Res14 : Dommages indirects → Répartition par poste)

Table 3-4 Répartition des coûts par type de dommages indirects

Comme évoquée précédemment, la prise en charge des dommages indirects dépend des conditions des contrats. Le régime légal CatNat prévoit uniquement l'indemnisation des dommages directs. Mais certains assureurs prévoient des garanties optionnelles permettant la prise en charge des frais liés aux dommages indirects.

Les mesures conservatoires sont fréquemment mises en place par les particuliers. Quant au nettoyage et la remise en état de l'habitat, l'assuré a la possibilité de faire appel à une entreprise spécialisée, dont les frais seront totalement remboursés par l'assureur lorsque celui-ci aura donné son accord. La plupart des sinistrés effectuent eux même le nettoyage. Ces frais sont pris en charge sur la base d'un taux horaire.

L'analyse de la nature de l'endommagement (réparation/remplacement ou destruction) n'a pu donner de résultats pertinents. Dans ces conditions, nous n'avons pas présentés ces résultats.

Complétée et confortée de l'état des dommages mis en évidence dans le Chapitre 1, de la littérature scientifique et technique [DGHUC et CSTB, 2005] et d'un apport de connaissance d'experts en assurance, l'analyse du système amène à dresser une typologie de dommages en quatre catégories :

- Dommages et effets directs,
- Dommages et effets indirects,
- Pertes financières,
- Effets induits.

La typologie a également été réalisée pour créer la base de données sinistres (Table 3-5).

Dommages et effets directs		Effets directs	
<b>Dommages au bâti</b> (dommages structurels) (réf. 1.4.2.1)	Fondations Menuiseries intérieures / extérieures Revêtement sols Revêtement murs Cloisons etc.	<b>Dommages humains</b> (réf. 1.4.3)	noyade crise cardiaque blessure etc.
<b>Dommages Réseaux / Equipements</b> (dommages fonctionnels et matériels) (réf. 1.4.2.2)	Réseau électrique Réseau gaz Réseau eau potable Réseau assainissement Chaudière Chauffe eau / cumulus Cuve / citerne Compteur / tableau électrique /Prises électriques Radiateurs Cheminée / Insert Poele Pompe à chaleur etc.	<b>Dommages humains</b> (réf. 1.4.3)	<b>Effets induits</b> Etat de Stress Post Traumatique (ESPT)
<b>Dommages aux biens et aux équipements électroménagers</b> (dommages matériels)	Meubles Meubles d'antiquité Mobilier de jardin Outils de bricolage Frigo TV, Hifi, Ordinateur, etc affaires personnels (bijoux, papiers important, etc) etc.	<b>Dommages et effets indirects</b>	<b>Dommages et effets indirects</b> choc, incendie pollution atteintes au tiers Surconsommation Eau Surconsommation Energie Perte contenu congélateur Temps du nettoyage Relogement etc.
		<b>Pertes financières</b>	<b>Pertes financières</b> vétusté, franchise (modulation) dépréciation de la valeur du bien perte de salaire frais de relogement dépenses tardives (endommagement tardif) etc

Table 3-5 Typologie des dommages à l'habitat individuel

L'interprétation des résultats présentée précédemment ne dépend pas uniquement de la composante chiffrée. Il est essentiel de considérer la nature de l'élément endommagé et le contexte de réalisation de l'analyse. Avancer que l'élément « mobilier » possède un coût moyen et un effectif très fort, autrement dit que les devis portant sur les meubles sont élevés et nombreux, est inutile si la réduction des dommages à cet élément est impossible tant que l'on ne met pas en évidence les critères et facteurs susceptibles d'augmenter ou d'atténuer les dommages à cet élément.

Sans une connaissance de la nature des entités sur lesquelles cibler la prévention, nous ne pouvons mettre le focus sur l'information à retenir. C'est pourquoi, cette analyse permet de faire ressortir les couples (coût moyen / effectif) qui devraient faire l'objet d'une attention toute particulière par des experts scientifiques et techniques du bâtiment (ex : experts en assurance, CSTB, etc.).

Ceci vient justifier l'inventaire des critères, facteurs et indicateurs explicatifs des dommages présentés dans la section suivante.

Comme évoquée précédemment, l'analyse des dommages ne suffit pas à comprendre la vulnérabilité de notre objet d'étude. Après avoir constaté combien l'habitat est vulnérable, il s'agit maintenant de comprendre pourquoi il est vulnérable, autrement dit, pourquoi ces dommages sont fréquemment représentés et quels sont les critères, facteurs et indicateurs qui expliquent et font varier cette vulnérabilité.

### **3.3 Les facteurs, critères et indicateurs de vulnérabilité de l'habitat individuel**

En s'appuyant sur les conclusions de la section précédente, l'objet de cette section est de mettre en évidence les différents critères et facteurs susceptibles de faire varier la vulnérabilité de notre objet d'étude face à l'inondation. « Afin de comprendre, analyser, définir et mesurer la vulnérabilité d'une PME-PMI il faut rechercher et décrire les critères et les facteurs qui caractérisent, expliquent et font varier la nature des dommages et leur taux d'endommagement » [MENGUAL, 2008]. Nous appliquons cette démarche à l'habitat individuel.

A partir des dommages mis en évidence dans la section précédente, cette section a pour objet de lister l'ensemble des facteurs et critères sur lesquels agir pour réduire la vulnérabilité. Les indicateurs seront mis en évidence pour mesurer l'effet de ces derniers.

- Les facteurs de vulnérabilité dits « extrinsèques » sont liés à l'efficacité de la politique locale de gestion du risque [HUBERT, LEDOUX, 1999].
- Les critères de vulnérabilité dits « intrinsèques » permettent d'apprécier, d'analyser et de définir la vulnérabilité de l'habitat individuel.
- Les « indicateurs de vulnérabilité » déterminent le niveau de vulnérabilité d'un critère ou d'un facteur.

La première partie de cette section présente les facteurs de vulnérabilité mis en évidence lors de l'analyse des dossiers sinistres d'Arles en 2003. Les résultats de cette étude viennent enrichir l'état des facteurs et des critères déterminés selon une démarche déductive dans la deuxième partie de cette section. Une répartition des facteurs et des critères est définie selon trois catégories : Environnement (commune), Habitat, Habitant.

#### **3.3.1 Analyse des facteurs de vulnérabilité à partir des dossiers sinistres de la profession de l'assurance**

L'analyse des dossiers sinistres inondation CatNat a permis de mettre en évidence des facteurs de vulnérabilité qu'il s'agit de considérer avec précaution au regard des limites évoquées en

Annexe 2. Nous nous sommes concentrés essentiellement sur l'impact du mode constructif sur les dommages.

### 3.3.1.1 Le mode constructif de l'habitat comme facteur impactant sur la sinistralité ?

Le mode constructif basique de l'habitat (de plain pied, avec étage, etc.) est indépendant du niveau d'eau constaté. En revanche, on s'interroge sur l'effet de la cave ou du vide sanitaire. On possède trop peu d'informations pour se prononcer. On se livre néanmoins à une distinction des habitations en fonction de la présence ou non d'une cave et/ou d'un vide sanitaire. Nous nous interrogeons sur la variation des dommages en fonction du type d'habitat. Il s'agit de différencier les habitats de plain pied aux habitats avec étage, sous sol, cave ou vide sanitaire. Nous comparons ensuite ces deux types d'habitat à deux variables : superficie et conformité<sup>67</sup> des contrats mais aucune variation apparaît. Le type d'habitat est donc un facteur pouvant faire varier la vulnérabilité. Les résultats présentés doivent être interprétés avec précaution. L'absence de donnée relative à la topographie du terrain peut biaiser nos résultats.

L'étude est menée en séparant les habitats classiques dits « sans particularité<sup>68</sup> » des habitats surélevés, sur cave, sous-sol ou vide sanitaire définis par le terme « avec particularité ». Les habitats sans particularité sont au nombre de 53 contre 15 pour les autres.

#### 3.3.1.1.1 Facteurs exogènes

La superficie moyenne et les taux de conformité du contrat d'assurance diffèrent peu (Tables 3-6 et 3-7). L'étude des facteurs exogènes ne permet pas d'établir une dissociation des deux

Type habitat	Superficie moyenne *
Avec particularité	112
Sans particularité	119

\* au rez-de-chaussée, en m<sup>2</sup>

Table 3-6 Représentation du poids de la superficie moyenne

Type habitation	Taux de conformité
Avec particularité	80%
Sans particularité	75%

Table 3-7 Représentation du poids du taux de conformité

<sup>67</sup> La conformité du contrat signifie que le risque déclaré lors de la souscription corresponde bien au risque réel. A titre d'exemple, un contrat d'assurance n'est pas conforme lorsque le particulier a omis de déclarer des travaux d'extension de maison. Dans ces conditions, le risque déclaré n'est pas conforme au risque réel.

<sup>68</sup> « Particularité » définie dans cette étude comme un habitat surélevé ou pourvu d'une cave, d'un sous-sol ou d'un vide sanitaire.

groupes, on peut alors poursuivre l'analyse.

#### 3.3.1.1.2 Hauteur d'eau

La hauteur d'eau est presque deux fois supérieure quand l'habitat est de plain-pied (« sans particularité ») (Table 3-8).

Type d'habitat	Hauteur d'eau au RDC
Sans particularité	118
Avec particularité	70
Ratio	1,69

Table 3-8 Représentation du poids de la hauteur d'eau

#### 3.3.1.1.3 Montant du devis

Le devis des travaux est 1,5 fois plus élevé quand l'habitat est de plain-pied (« sans particularité ») (Table 3-9).

Type d'habitat	Devis moyen
Sans particularité	44 439
Avec particularité	30 651
Ratio	1,45

Table 3-9 Représentation du poids du montant des devis

La dissociation entre les habitats « avec particularité » ou « sans particularité » paraît opportune dans le sens où les hauteurs d'eau moyennes constatées au RDC et les devis moyens sont moindres dans les habitats « avec particularité ». Ceci dans la limite qu'il n'y ait pas de grande variation dans la topographie du terrain.

#### 3.3.1.1.4 Ventilation par type de dommages

Le coût moyen du mobilier est 1,7 fois supérieur dans un habitat « sans particularité » et 1,4 fois supérieure pour l'immobilier. La différence de coût intervient d'abord sur le poste mobilier (+ 170% en habitat sans particularité) puis sur l'immobilier (+135%) (Table 3-10).

Habitat « Sans particularité »		Habitat « Avec particularité »	
Type de dommages	Coût Moyen	Type de dommages	Coût Moyen
<b>Dommages directs</b>	<b>39973</b>	<b>Dommages directs</b>	<b>27801</b>
Mobilier	16265	Mobilier	9362
Electroménager	4405	Electroménager	4290
Immobilier	19296	Immobilier	14149
Affaires personnelles	8	Affaires personnelles	0
Autre, non précisé	1332	Autre, non précisé	657
<b>Dommages indirects</b>	<b>3133</b>	<b>Dommages indirects</b>	<b>2193</b>

Table 3-10 Représentation de la ventilation par type de dommages

Au regard de cette analyse, l'égalité des superficies ne permet pas de statuer sur l'égalité du niveau de vie des personnes entre les deux types d'habitats. La différence du niveau de vie pourrait expliquer la différence des coûts de l'inondation. L'écart des moyennes de hauteur d'eau au rez de chaussée (RDC) affaiblit le raisonnement précédent.

### 3.3.1.1.5 Ventilation du coût moyen par type de bien

La ventilation du coût moyen par type de bien confirme la différence de coût relatif au mobilier et précise celle de l'immobilier (Table 3-11). Le coût est supérieur pour l'installation électrique (1394 euros), les cloisons (1295 euros) et les radiateurs (664 euros). On note toutefois que la terrasse chez les habitats « avec particularité » est un élément davantage vulnérable.

Bien endommagé	« Sans particularité » Coût Moyen (CM)	« Avec particularité » Coût Moyen (CM)
Meubles non précisés	<b>15469</b>	<b>8498</b>
Murs/Murs porteurs	5173	4240
Electroménager non précisé	4405	4290
Non précisé	3898	2953
Ne s'applique pas	3133	2193
Cuisine intégrée	<b>2042</b>	<b>1109</b>
Chauffe-eau / cumulus	<b>1405</b>	<b>119</b>
Equipement, installation électrique	<b>1394</b>	<b>786</b>
Cloisons	<b>1295</b>	<b>200</b>
Façade	1158	877
Terrasse	<b>678</b>	<b>2340</b>
Radiateurs	664	97
Porte(s)	620	553
Portes / Fenêtres	550	244

Table 3-11 Représentation du coût moyen par type de biens

### 3.3.1.1.6 Ventilation du coût moyen par type de travaux

La ventilation par type de travaux confirme l'écart des coûts pour le mobilier (Table 3-12). Elle met en évidence d'autres écarts : coût sensiblement différent sur les réseaux d'eau chaude sanitaire et de chauffage, sur les mesures conservatoires, la plâtrerie et la maçonnerie. Le mobilier fait l'objet d'un devis deux fois plus coûteux pour l'habitat de plain-pied (« sans particularité »).

Type de travaux	« Sans particularité » Coût Moyen (CM)	« Avec particularité » Coût Moyen (CM)
Meubles	<b>15469</b>	<b>8498</b>
Revêtements murs	5293	4345
Electroménager	4405	4290
Menuiserie	3704	3280
Eau chaude Sanitaire / Chauffage	<b>2345</b>	<b>257</b>
Cuisine intégrée	<b>2042</b>	<b>1109</b>
Mesures conservatoires	<b>1812</b>	<b>915</b>
Installation électrique	<b>1394</b>	<b>786</b>
Revêtements sols	<b>1158</b>	<b>2677</b>
Plâtrerie	<b>1102</b>	<b>200</b>
Ravalement	<b>1070</b>	<b>735</b>
Coût du temps de nettoyage	<b>871</b>	<b>1083</b>
Non précisé	845	288
Maçonnerie	<b>748</b>	<b>171</b>

Table 3-12 Représentation du coût moyen par type de travaux

Le coût de la cuisine intégrée est presque deux fois plus élevé pour un habitat de plain-pied également. Le coût des travaux du réseau et des équipements d'eau et de chauffage est presque dix fois plus élevé. Les mesures conservatoires et les travaux d'électricité sont deux fois plus élevés.

Ces résultats sont à considérer avec précaution. Le type d'habitat semble faire varier la vulnérabilité mais nous devons être vigilant sur cette interprétation et envisager l'influence d'autres facteurs d'endommagement tels que la topographie, l'agencement des pièces, la localisation du mobilier et de l'électroménager, la catégorie socio-professionnelle. Le manque de moyens a empêché l'acquisition de données relatives à certains de ces facteurs, limitant ainsi la validité des résultats.

Complétée de l'étude des travaux scientifiques, techniques [DGHUC et CSTB, 2005] et de retours d'expériences [EDATER et LEDOUX, 2002], cette analyse des dossiers sinistres est venue enrichir et conforter l'état des variables mises en évidence par la démarche déductive.

### **3.3.2 Facteurs, critères et indicateurs de vulnérabilité**

La liste des variables a été classée en trois catégories :

- Environnement (commune),
- Habitat,
- Habitant.

Plus de soixante variables ont été identifiées grâce à la connaissance des dommages évoqués dans le Chapitre 1, l'analyse des dossiers sinistres inondation CatNat, l'apport de connaissance d'experts en assurance et l'étude de travaux scientifiques et techniques. Il convient de mettre en évidence plusieurs critères aboutissant à l'analyse des variables de la vulnérabilité d'un enjeu en dehors des paramètres de l'inondation [MENGUAL, 2008].

Les tableaux présentés ci-après comportent :

- Intitulé du facteur ou du critère
- Une définition et/ou une illustration de ces variables
- Un ou des impact(s) associés
- Des indicateurs : seuls les indicateurs à l'échelle de la commune ont été listés. Les indicateurs relatifs aux critères feront l'objet d'un travail plus approfondi lorsque les critères significatifs seront mis en évidence à la suite d'une analyse structurelle (section 4.1).

### 3.3.2.1 Facteurs à l'échelle de la commune

#### 3.3.2.1.1 Facteurs et indicateurs liés à la politique locale de gestion du risque inondation

Intitulé du facteur	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)	Indicateurs
<b>Réglementation de l'occupation du sol</b>	La réglementation de l'occupation du sol en zone inondable est appliquée par un PPRI annexé au PLU. Un PPRI approuvé conditionne l'obligation d'information, l'organisation des secours et évite une modulation de la franchise. Les mesures prescrites peuvent également être rendues obligatoires pour les particuliers. Ces mesures sont sensées assurer la sécurité des biens et des personnes (circulaire de 2004).	Intensité, Mitigation, tout dommage	PPRI*, PSS, PER (*annexé au PLU)
<b>Information, Sensibilisation, Education préparation des populations</b>	L'information préventive conditionne la connaissance du risque des particuliers.	Mitigation, Tout dommage	DDRM, DICRIM,, réunions publiques, IAL, AZI, Repères de crue,
<b>Planification de la crise - Organisation des secours</b>	L'organisation des secours conditionne la prise en charge des particuliers lors d'une crise.	Dommages humains et organisationnels	PCS
<b>Vigilance et alerte</b>	L'appartenance d'une commune au périmètre d'un Service de Prévision des Crues (SPC) conditionne l'alerte des particuliers.	Dommages humains et organisationnels	SPC
<b>Sinistralité, récurrence des événements sur la commune</b>	Le nombre d'arrêtés CatNat souligne la récurrence des événements dommageables sur la commune et par conséquent une certaine connaissance et / ou expérience de l'événement par les particuliers.	Dommages matériels Mitigation	Arrêté CatNat
<b>Topographie du territoire de la commune</b>	L'accessibilité des habitants et des secours au site inondé dépend de la topographie terrain.	Intensité, inaccessibilité,	Altitude (BD Topo, MNT)

Table 3-13 Facteurs et indicateurs à l'échelle de la commune

Un ensemble de facteurs « extrinsèques » lié à la politique locale de gestion du risque inondation à l'échelle de la commune a été identifié (table 3-13). Il s'agit d'apprécier la vulnérabilité de l'habitat des particuliers au regard de l'information préventive, réglementaire et administrative présente ou non sur la commune. La topographie du territoire de la commune est également prise en compte dans la caractérisation de la vulnérabilité de l'habitat. Chacun de ces critères est associé à un indicateur.

### 3.3.2.2 Critères à l'échelle de l'habitat

Les critères dits « intrinsèques » caractérisent la vulnérabilité propre à l'habitat et à l'habitant.

#### 3.3.2.2.1 Exposition de l'habitat individuel

L'exposition de l'habitat est caractérisée par la localisation géographique et l'altitude de l'habitat par rapport à l'inondation de référence (table 3-14). Ces critères « souches » [MENGUAL, 2008] sont essentiels pour déterminer l'intensité de l'inondation sur l'enjeu. A noter également qu'un habitat peut être exposé indirectement à l'inondation.

#### 3.3.2.2.2 Critères liés à la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle

L'ensemble des critères listés ci-dessous renvoie en grande partie à la localisation des biens et des équipements, à leur degré de mobilité pour les mettre hors d'eau, à leur mobilité (ex : citerne mal ancrée) et au lieu de mise à l'abri de ces derniers (table 3-15). Au regard de l'étude de l'impact d'un batardeau évoquée dans le Chapitre 2, le critère « présence de dispositif de protection des biens » a été considéré.

Lors d'une inondation les réseaux d'alimentation nécessaires pour satisfaire les besoins fondamentaux de particuliers sont également interrompus (table 3-16). Dans ces conditions, certains critères liés aux réseaux d'alimentation (ex : énergie, communication, etc.) sont considérés afin de repérer des alternatives (ex : clapet anti-retour) susceptibles d'atténuer les dommages, d'assurer un minimum de confort aux particuliers mais également de faciliter la remise en état de l'habitat, de réintégrer le logement le plus rapidement possible.

#### 3.3.2.2.1 Critères liés à la vulnérabilité structurelle

Les critères ci-dessous permettent d'apprécier le degré de vulnérabilité structurel et le degré de vulnérabilité matériel de l'habitat. Ils renvoient également aux « mesures de protection » intégrées à la structure de l'habitat (ex : présence d'un vide sanitaire, ouverture sur le toit) (table 3-17).

Intitulé du facteur	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)	Indicateurs/ Sources
<b>Localisation de l'habitat</b>	Un habitat peut être situé dans une zone inondable et/ou à proximité d'éléments naturels (cours d'eau, ...).	Intensité, tout dommage	BD adresse (RGE). IGN
<b>Altitude du plancher par rapport au terrain naturel</b>	L'altitude du plancher par rapport au terrain naturel et à l'inondation de référence.	Intensité, tout dommage	Relevés altimétriques

Table 3 14 Critères liés à l'exposition de l'habitat individuel

« Biens et équipements »		
Intitulé du critère	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)
<b>Localisation des biens (hors électroménagers et réseaux)</b>	Les meubles et/ou les biens à forte valeur sentimentale et économique sont-ils susceptibles d'être endommagés ?	Mitigation, Dommages matériels, (Sur)coût affectif
<b>Localisation des équipements (électroménagers et réseaux)</b>	Les équipements électroménagers (ex : frigo, etc.) et réseaux (ex : compteur électrique, prises électriques) sont-ils susceptibles d'être endommagés ? Il peut s'agir d'équipements difficiles à déplacer en raison de leur poids ou de leurs dimensions et dont leur utilité est indispensable pour assurer les besoins fondamentaux et un retour à la normale.	Mitigation, Dommages aux équipements, interruption des besoins fondamentaux et désorganisation
<b>Degré de mobilité des biens et des équipements (électroménagers et réseaux)</b>	Est-il envisageable de déplacer les biens et les équipements (électroménagers et réseaux) afin qu'ils soient hors d'atteinte des eaux d'une inondation ? La mobilité des biens est variable suivant leur poids et leurs dimensions celle des équipements dépendent de l'installation réseaux existante.	Dommages matériels, interruption des besoins fondamentaux, retour à la normale
<b>Mobilité des biens et des équipements (électroménagers et réseaux)</b>	Si certains objets sont mal ancrés (chauffe eau, citerne), ils peuvent engendrer des dommages aux biens et aux tiers : endommagement de la structure du bâti après déplacement violent d'un véhicule, personne heurtée par des objets flottants, pollution etc. Le déversement d'une cuve de mazout aux abords de l'habitat peut entraîner sa destruction.	Mitigation, Pollution, Dommages matériels, humains et interruption des besoins fondamentaux, retour à la normale
<b>Lieu de mise à l'abri des biens et des équipements (électroménagers et réseaux)</b>	Y a-t-il un lieu où mettre à l'abri les biens et les équipements ? Si les objets et le mobilier à forte valeur sentimentale (souvenirs, photos, bijoux,...), les papiers importants (ex : contrats d'assurance, papier d'identité), les équipements électroménagers et les équipements/réseaux ne sont pas mis à l'abri ou conservés de manière temporaire ou permanente, leur endommagement peut avoir des conséquences importantes (ex : traumatisme affectif, pollution de l'habitat et du mobilier, etc.).	Mitigation, Dommages matériels, (Sur) coût affectif, interruption des besoins fondamentaux, perte financière, retour à la normale
<b>Présence de dispositif de protection des biens</b>	Y a-t-il un batardeau ?	Mitigation

Table 3-15 Critères liés à la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle

« Réseaux d'alimentation / Services extérieurs »		
Intitulé du critère	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)
<b>Mode d'assainissement</b>	En l'absence de clapet anti-retour, le refoulement des eaux usées endommage les biens et entraîne un possible relogement. La pause de clapet anti-retour peut être à la charge du particulier dans le cas d'un assainissement individuel. Dans ce cas, l'habitat dépend-t-il d'un réseau d'assainissement collectif ou autonome ?	Mitigation, Pollution, Dommages matériels, Retour à la normale
<b>Mode de chauffage</b>	Le mode de chauffage conditionne la remise en état et la réintégration de l'habitat. La présence d'une cheminée peut faciliter le séchage et ainsi contribuer à réintégrer les lieux plus rapidement.	Mitigation, Dommages matériels, Retour à la normale
<b>Dépendance vis-à-vis des services extérieurs</b>	L'interruption des réseaux d'alimentation ou des services à domicile (ex : médicalisé) suppriment les fonctions vitales de l'habitat et par conséquent les besoins fondamentaux des particuliers. Y a-t-il des équipements de substitution susceptibles de garantir l'autonomie des particuliers le temps de l'arrivée des secours ? (ex : réseaux d'électricité séparatif, groupe électrogène, réchaud, réserve d'eau et de vivres, etc.).	Mitigation, Interruption des besoins fondamentaux, Isolement, Désorganisation,
<b>Remise en état de l'habitat</b>	Après l'inondation, si les « fonctions vitales » sont interrompues il sera difficile pour le particulier de remettre en état son habitat et ceci sera d'autant plus conséquent si les dommages matériels sont importants. Y a-t-il des équipements de substitution susceptibles de garantir la remise en état de l'habitat ? (ex : cheminées, etc.)	Mitigation, Dommages matériels,

Table 3-16 Critères liés à la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle (suite)

« Structure et matériaux de construction »		
Intitulé du critère	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)
<b>Ancienneté de l'habitat</b>	Si le bâti est ancien, les techniques et matériaux de construction ne sont pas forcément adaptés au risque d'inondation.	Dommages matériels
<b>Type constructif</b>	<b>Mesure de protection de l'habitat</b> Un habitat sans vide sanitaire sera plus dommageable. Ce dernier permet d'atténuer les dommages matériels.	Intensité, Mitigation, Tout dommage
	<b>Mesure de protection de l'habitant</b> Y a-t-il une zone où se réfugier, un accès hors d'eau ? Un habitat de plain pied et sans étage est vulnérable. La vie des personnes est mise en péril (pas d'étage).	Mitigation, Perte humaine
<b>Présence de mesure d'évacuation</b>	Y a-t-il une ouverture sur le toit ? Une barque ? Un anneau d'amarrage ?	Mitigation, Perte humaine
<b>Agencement des pièces dans l'habitat</b>	Si les « pièces vitales » (ex : cuisine, chambres, etc.) sont inondées, certains besoins fondamentaux ne sont plus assurés. Certaines pièces de la maison sont plus vulnérables notamment par l'importance des équipements et des biens (ex : cuisine intégrée) susceptibles d'être endommagés.	Mitigation, Intensité Tout dommage
<b>Sensibilité des matériaux de construction</b>	Si les matériaux sont trop sensibles à l'eau, ils résisteront difficilement à l'inondation (ex : dégradation, moisissures, décomposition, perte des propriétés, etc.).	Dommages matériels
<b>Qualité des fondations</b>	Si les matériaux sont trop sensibles à l'eau, ils résisteront difficilement à l'inondation (ex : dégradation, moisissures, décomposition, perte des propriétés, etc.).	Dommages matériels

Table 3-17 Critères liés à la vulnérabilité structurelle

<b>« Organisation de particulier »</b>		
<b>Intitulé du critère</b>	<b>Définition et / ou illustration</b>	<b>Impact(s) associé(s)</b>
<b>Connaissance, conscience et culture du risque d'inondation</b>	Si l'habitant n'a aucune connaissance du risque qu'il encourt, aucune mesure de prévention ou de protection ne lui semblera utile.	Mitigation Tout sauf intensité
<b>Expérience - Sinistralité</b>	Une personne qui a déjà vécu un événement n'a pas le même comportement qu'une personne qui n'en a jamais vécu. Ses réactions seront plus prévisibles.	Mitigation, Tout dommage
<b>Degré de préparation du particulier</b>	Si l'habitant ne s'est pas préparé à faire face à l'évènement, il risque de paniquer et/ou d'être désorganiser.	Mitigation Tout dommage
<b>Degré de maîtrise des dispositifs de protection</b>	L'efficacité des mesures « artisanales » n'est pas certaine. L'habitant doit acquérir un « savoir faire », il doit être formé aux mesures à mettre en place pour protéger ses biens et ses proches. Ceci afin d'être mieux organiser et préparer pour faire face à l'évènement.	Mitigation Tout dommage

Table 3-18 Critères liés à la vulnérabilité organisationnelle

### 3.3.2.3 Critères à l'échelle de l'habitant

#### 3.3.2.3.1 Critères liés à la vulnérabilité organisationnelle

Complétés des critères de « connaissance » et d' « expérience », les critères « degré de préparation » et de « maîtrise des dispositifs de protection » permettent d'apprécier le degré de vulnérabilité organisationnel des particuliers (table 3-18).

#### 3.3.2.3.2 Critères liés à la vulnérabilité humaine

L'ensemble des critères ci-dessous caractérisent la vulnérabilité humaine (table 3-19). Comme évoqué dans le chapitre 1, les victimes et les dommages humains (ex : blessure, santé psychologiques altérées) sont relatifs à l'état physique et psychologique des particuliers.

« le particulier »		
Intitulé du critère	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)
<b>Capacité et état physique du particulier</b>	Les enfants, les personnes âgées et les handicapés sont le plus souvent les victimes des inondations en témoigne les retours d'expérience d'événements passés. Ces personnes ont également plus de difficulté à anticiper et faire à l'évènement.	Dommages humains, Perte humaine, désorganisation
<b>Capacité et état psychologique du particulier</b>	Vécu comme un grand traumatisme, l'inondation est source de dommages susceptibles d'affecter l'état de santé psychologique du particulier.	Dommages humains, Perte humaine, désorganisation
<b>Capacité de réaction du particulier</b>	Il s'agit de la force psychologique de l'habitant (ou du chef de famille), sa capacité à affronter l'adversité et à combattre le phénomène pour protéger ses biens et ses proches.	Dommages humains, Perte humaine, désorganisation
<b>Capacité de compréhension et d'analyse de la situation</b>	Si l'habitant à une déficience mentale, ou qu'il est sous l'emprise de médicaments, il ne pourra pas analyser la situation comme un événement dangereux et ne pourra pas agir pour se protéger et protéger ses biens.	Dommages humains, Perte humaine, désorganisation
<b>Mobilité (véhicule)</b>	Les victimes dénombrées dans leur véhicule sont fréquents.	Perte humaine

Table 3-19 Critères liés à la vulnérabilité humaine

### 3.3.2.3.3 Critères liés à la vulnérabilité économique

L'ensemble des critères ci-dessous permettent d'apprécier la vulnérabilité économique de l'habitant (table 3-20).

« Economie »		
Intitulé du critère	Définition et / ou illustration	Impact(s) associé(s)
<b>Couverture d'assurance</b>	Un risque mal déclaré ou un contrat mal dimensionné (ex : surface, nombre de pièce, travaux d'extension, etc.) entraîne un surcoût économique pour les particuliers.	Mitigation, Pertes financières
<b>Valeur des biens assurés</b>	La valeur des biens permet de mesurer l'ampleur des dommages potentiels directs.	Pertes financières
<b>Valeur immobilière</b>	Si l'habitat subit un ou plusieurs sinistre(s), il risque une forte dévaluation même s'il a été entièrement remis à neuf. Ce genre de sinistre instaure une méfiance des éventuels acquéreurs, d'une part pour la localisation géographique à risque, et d'autre part pour les dommages structureaux (invisibles) qu'auraient pu subir la construction.	Pertes financières
<b>Localisation du lieu de travail</b>	Si le lieu de travail est inondé, l'habitant est susceptible de se retrouver au chômage technique et de perdre son revenu.	Pertes financières
<b>Priorité d'action pour la sauvegarde des biens et des équipements</b>	Si la priorité n'est pas donnée aux biens à forte valeur économique et ce, malgré une indemnisation à l'identique, le particulier peut connaître un surcoût économique (vétusté). Si le particulier ne priorise pas les biens à mettre à l'abri et ceci selon la valeur sentimentale de ces derniers, le particulier est affecté psychologiquement.	Mitigation, Pertes financières Désorganisation, (Sur)coût affectif.

Table 3-20 Critères liés à la vulnérabilité économique

## CONCLUSION

La première partie de ce chapitre a fait émerger l'ensemble des besoins y compris ceux des particuliers. Une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation est mise en évidence. A partir de là, une représentation la plus exhaustive possible de l'ensemble des dommages susceptibles d'affecter l'habitat a conduit à bâtir un modèle de « risque d'inondation et habitat ».

Les facteurs « extrinsèques » et les critères « intrinsèques » explicatifs de la vulnérabilité ont été identifiés et regroupés sous trois catégories : l'environnement, l'habitat et l'habitant mises en avant dans la formalisation des conséquences du système habitat/inondation.

L'analyse des dossiers sinistres a permis de dégager un complément de facteurs et de critères qui ont été intégrés à notre modèle. Parmi ces derniers certains ont mis en évidence un besoin potentiel de données complémentaires pour apprécier plus précisément la vulnérabilité. Il apparaît que les dossiers sinistres sont une source précieuse d'informations utiles à la détermination de la vulnérabilité de l'habitat individuel.

A la suite de l'élaboration de la méthode de conception de notre modèle, il s'agit de passer à la phase ingénierie de construction de l'outil afin démontrer « comment » réduire la vulnérabilité de l'habitat individuel à l'inondation.



## **CHAPITRE 4 - CONCEPTION ET APPORTS D'UNE MÉTHODE D'AUTODIAGNOSTIC DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'HABITAT FACE À L'INONDATION**

Le chapitre précédent a été consacré à ériger les bases du modèle de la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation. A l'issue de cette modélisation un ensemble de variables « intrinsèques » et « extrinsèques » caractérisant la vulnérabilité de l'objet d'étude a été mis en évidence selon une démarche déductive. Ce présent chapitre a pour objectif de passer du modèle à l'ingénierie en présentant les étapes d'une méthode d'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation.

A cet effet, l'éditeur de diagnostic COGNITEO®, proposé par le laboratoire du CRC et mis à disposition par la société PREVENTEO a été adapté selon les besoins exprimés pour le développement de l'outil d'autodiagnostic. L'expérimentation à l'aide d'un outil « papier », auprès d'une trentaine de personnes dont une dizaine en partenariat avec la commune de Niort (79) a permis d'ajuster la compréhension, l'enchaînement et la quantité des questions.

La première section de ce présent chapitre vise à déterminer le « poids » relatifs de chacun des facteurs et des critères de notre système « risque d'inondation et habitat » à partir d'une analyse structurelle. A l'issue de ce travail, un ensemble de critères et de facteurs majeurs nous amènent à redéfinir notre modèle à partir duquel sera réalisé l'outil. La deuxième section fait l'exposé des méthodes de diagnostics existantes à partir desquelles des éléments méthodologiques seront ou non transposés à la méthode d'autodiagnostic. La troisième section s'attache à présenter la méthode d'autodiagnostic de vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation. Après avoir défini le principe de fonctionnement du système, nous détaillons les étapes de réalisation de l'autodiagnostic à partir des fonctionnalités proposées par COGNITEO®. Enfin, nous justifions le besoin d'articuler cet outil avec une plateforme géomatique. Une quatrième section illustre les étapes de l'outil d'autodiagnostic. L'objectif étant de visualiser l'ergonomie et les fonctionnalités principales de l'outil. Il s'agit de présenter une interface pédagogique avec des fonctionnalités permettant de susciter l'intérêt des particuliers. La cinquième partie met en avant les apports potentiels de la méthode d'autodiagnostic pouvant justifier son usage tout en précisant certaines limites à son appropriation par le particulier, les collectivités locales, la profession de l'assurance et les professionnels du bâtiment et de l'immobilier.

## **4.1 Une méthode de hiérarchisation des facteurs et critères de vulnérabilité : l'analyse structurelle**

La démarche déductive développée dans le chapitre précédent a mis en évidence plus d'une soixantaine de critères et de facteurs « intrinsèques » et « extrinsèques ». Il s'agit désormais de hiérarchiser ces variables selon leur degré de motricité et de dépendance au regard de notre problématique : « la vulnérabilité de l'habitat aux inondations ». Pour ce faire, nous retiendrons la méthode de l'analyse structurelle développée par [HATEM, ROUBELAT et CAZES, 1993] et réutilisée dans la thèse de [MENGUAL, 2008]. Nous renverrons à la thèse de cet auteur sur les éléments explicatifs de la méthode dont les étapes ont brièvement été rappelées en Annexe 3. Retenue pour son « mode opératoire simple et fondé sur du bon sens », la méthode d'analyse structurelle consiste à mettre en évidence les critères majeurs nécessaires à apprécier la vulnérabilité de l'habitat individuel.

La première partie de cette section a été consacrée à la réalisation d'une matrice permettant de comparer les variables entre elles. L'objet de la deuxième partie consiste à construire un plan « Influence / dépendance » à partir d'un cumul en ligne et en colonne. L'intérêt est de mettre en avant le degré de motricité et d'influence des critères dans notre système. L'élévation du plan à la puissance fait l'objet de la troisième partie de cette section. L'objectif est d'affiner l'extraction de ces critères. La quatrième partie conclue sur une catégorisation des critères en trois dimensions (structurelle, matérielle et fonctionnelle, organisationnelle et humaine) qui constituent le fondement de nos questionnaires d'autodiagnostic. Cette dernière partie nous amène à redéfinir le modèle de vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation.

### **4.1.1 Réalisation de la matrice Booléenne**

La matrice booléenne recense l'ensemble des critères et des facteurs identifiés dans le Chapitre 3 (section 3.3.2). Ces critères sont listés en ligne et en colonne, puis comparés entre eux [MENGUAL, 2008]. Trois personnes ont participé à l'analyse de la matrice : Paul Mengual (Consultant prévention des risques), Anthony Sieuw (Chargé d'études statistiques à Calyxis) et l'auteur. Un nombre impair d'avis permet de mieux statuer sur la dépendance et l'influence de chaque critère.

La matrice illustrée de la Table 4-1 se lit selon : « le critère a (en ligne) dépend il du critère b (en colonne) ? ».

	Connaissance, conscience et culture du risque d'inondation	Etat et capacité physique du particulier	Etat et capacité psychologique du particulier	Dépendance vis-à-vis des services extérieurs	Sinistralité des particuliers	Degré de préparation (ex : PFMS)	Mise en œuvre des mesures de prévention et de protection	etc.
Connaissance, conscience et culture du risque d'inondation		0	0	0	1	0	0	...
Etat et capacité physique du particulier	0		1	1	0	1	1	...
Etat et capacité psychologique du particulier	0	1		1	1	1	1	...
Dépendance vis-à-vis des services extérieurs	0	1	1		0	1	1	...
Sinistralité des particuliers	0	1	1	0		1	1	...
Degré de préparation (ex : PFMS)	1	1	1	1	1		1	...
Mise en œuvre des mesures de prévention et de protection	1	1	1	0	1	1		...
etc.	...	...	...	...	...	...	...	...

Table 4-1 Extrait de la matrice Booléenne

A l'issue de cette analyse, les cumuls en lignes et en colonnes sont effectués puis les valeurs sont reprises pour construire un diagramme « plan Influence / Dépendance ».

#### 4.1.2 Construction et analyse du Plan Influence / Dépendance

Le principe utilisé a été de déterminer, dans un premier temps, les critères majeurs du système de vulnérabilité de l'habitat au risque inondation, puis par bornage<sup>69</sup> et mises en puissance successives, un ensemble de critères secondaires a été dégagé tout en délaissant les critères considérés comme moins représentatifs.

##### 4.1.2.1 Nuage de points

Le premier nuage de points représente un système « instable » (figure 4-1). Il est difficile de dégager des effets de « causes à conséquences ». Néanmoins, quatre critères sont mis en évidence (Table 4-2).

<sup>69</sup> Le « bornage » consiste à fixer des limites successives à l'analyse du nuage de points. Autrement dit, il s'agit de faire émerger des critères significatifs en restreignant notre « fenêtre » d'analyse.

Critère moteur
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Connaissance du risque par le particulier</li> </ul>
Critère enjeu
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Présence de dispositifs de protection des biens</li> </ul>
Critères résultats
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampleur des dommages</li> <li>▪ Remise en état de l'habitat</li> </ul>

Table 4-2 Critères issus du nuage de points

Le caractère moteur de la « connaissance du risque par le particulier » est incontestable. Si le particulier n'a aucune connaissance ou conscience du risque, aucune évolution positive de son niveau de vulnérabilité n'est envisageable. Ceci conforte ce qui a été évoqué dans le Chapitre 3, sans une connaissance précise des préjudices et de la rentabilité des mesures de protection (et de prévention), il n'y aura pas d'anticipation et l'évènement sera subi par les particuliers.

Le critère « présence de dispositifs de protection des biens » est un des enjeux majeurs pour réduire la vulnérabilité des biens.

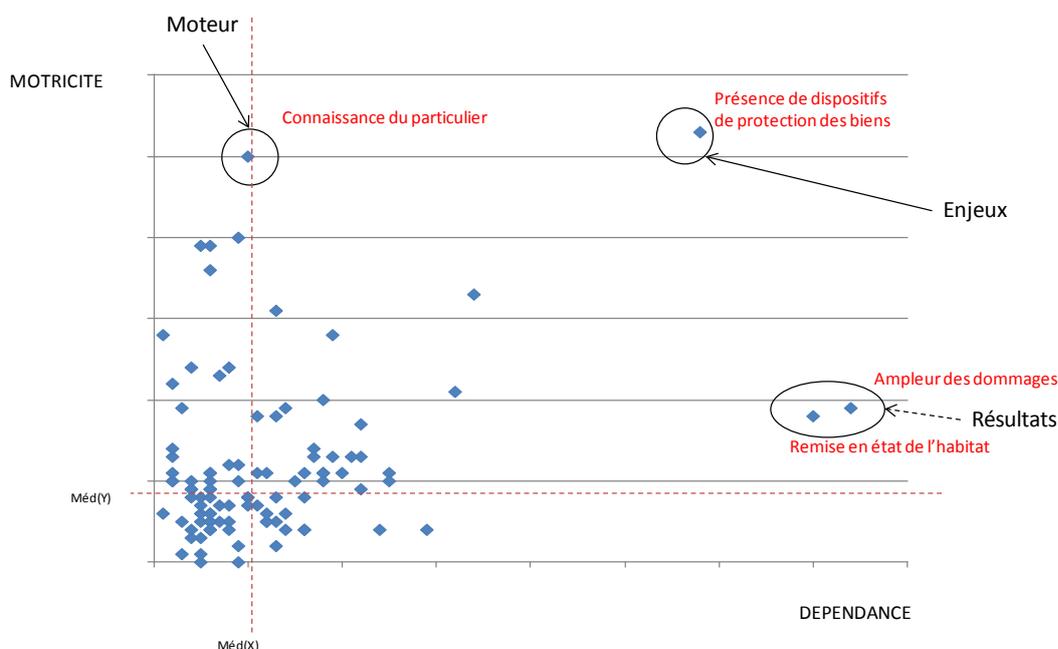


Figure 4-1 Plan Influence / Dépendance du système

La présence (ou mise en place) de dispositifs dépend, entre autre, de la connaissance des particuliers et leur effet agit sur l'ensemble du système étudié notamment sur l'ampleur des dommages et la remise en état de l'habitat. Le critère « ampleur des dommages » témoigne de la mesure de la vulnérabilité de notre objet d'étude. En l'absence d' « une remise en état » dans les plus brefs délais, les dommages matériels peuvent être accentués, entraînant un possible relogement des occupants.

Il s'agit ensuite de « tronquer » notre matrice en bornant les effectifs à 40, tout en délaissant les critères énoncés précédemment.

#### 4.1.2.2 Nuage de points borné à 40

Neuf facteurs et critères viennent compléter ceux énoncés précédemment. (Table 4-3). L'analyse du nuage de points (figure 4-2) met en évidence des facteurs relatifs à la politique locale de gestion du risque (en vert).

<b>Facteurs et critères moteurs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Information et sensibilisation de la population</li> <li>▪ Réglementation de l'occupation du sol en zone inondable</li> <li>▪ Sinistralité de la commune (récurrence des événements)</li> <li>▪ Altitude du plancher de l'habitat par rapport au terrain naturel</li> <li>▪ Localisation des biens (hors électroménager et réseaux)</li> <li>▪ Etat et capacité physique du particulier</li> </ul>
<b>Critères enjeux</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degré de préparation du particulier</li> <li>▪ « Etanchéité globale » de l'habitat</li> </ul>
<b>Critères résultats</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indemnisation (montant)</li> </ul>

Table 4-3 Facteurs et critères issus du nuage de points borné à 40.

A l'échelle de la commune, l' « information et de sensibilisation de la population » sur le risque inondation est motrice d'une vulnérabilité organisationnelle. Sans diffusion d'informations, il n'y aura ni conscience, ni anticipation et gestion du risque par les particuliers.

La « réglementation de l'occupation des sols en zone inondable » par l'application d'un PPRI sur la commune est avérée. En l'absence de mesures de prévention, de protection et de sauvegarde obligatoires, les dommages globaux peuvent s'avérer considérables.

« La sinistralité de la commune » est motrice dans la vulnérabilité globale de l'habitat. L'expérience issue de la récurrence des événements alimente une prise de conscience, prémices d'une culture du risque de la population.

A l'échelle de l'habitat, le caractère moteur de l' « altitude du plancher par rapport au terrain naturel » et aux Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) est indéniable. Ceci conforte les travaux réalisés par [DGUHC et CSTB, 2005]. Si ce niveau est inférieur au PHEC, les dommages matériels peuvent être considérables et ceci d'autant plus si aucune mesure n'est mise en place.

« La localisation des biens » (hors électroménager et réseaux) dans l'habitat est également un critère moteur. Les biens, à forte valeur sentimentale et économique, situés en dessous des PHEC sont susceptibles d'augmenter l'ampleur des dommages et par conséquent le montant de l'indemnisation.

L'état et la « capacité physique des particuliers » est une variable motrice à laquelle il est nécessaire d'attacher de l'importance. Les enfants, les personnes handicapées et âgées seront plus vulnérables que des personnes ayant toute les facultés physiques nécessaires pour faire face à l'inondation.

Le « degré de préparation » des particuliers dépend, entre autre, de la connaissance des particuliers sur le risque inondation et influence, en partie, l'ampleur des dommages matériels et humains. Sans planification des actions à réaliser avant, pendant, après une inondation, les particuliers auront plus de difficultés à faire face à l'adversité.

L' « étanchéité » globale de l'habitat est un enjeu à considérer avec beaucoup de précaution. Une « étanchéité » globale, au sens strict du terme, fait référence au caractère hermétique de l'habitat. Or, en réalité ceci n'est pas concevable étant donné qu'un habitat doit « respirer ». Dans ces conditions et en considérant les caractéristiques d'une inondation, le terme « étanchéité » renvoie à l'ensemble des mesures nécessaires, soit pour « éviter » que l'eau ne s'infilte, soit au contraire, pour « laisser » le libre écoulement de l'eau dans l'habitat. Ce critère influe sur l'ensemble du système et notamment l'ampleur des dommages et le montant de l'indemnisation.

« Le montant d'indemnisation des dommages matériels » est un critère fortement dépendant du système. Il sera d'autant plus élevé si les mesures pour prévenir ce risque ne sont pas mises

en place ou si le délai de remise en état de l'habitat est tardif. Quel que soit l'indemnisation de l'assurance et compte tenu de la vétusté, le surcoût supporté par le particulier est plus important lorsque les mesures de prévention n'ont pas été mises en place. Ce critère souligne une vulnérabilité économique des particuliers susceptible d'être accentuée par une couverture d'assurance inappropriée ou mal définie.

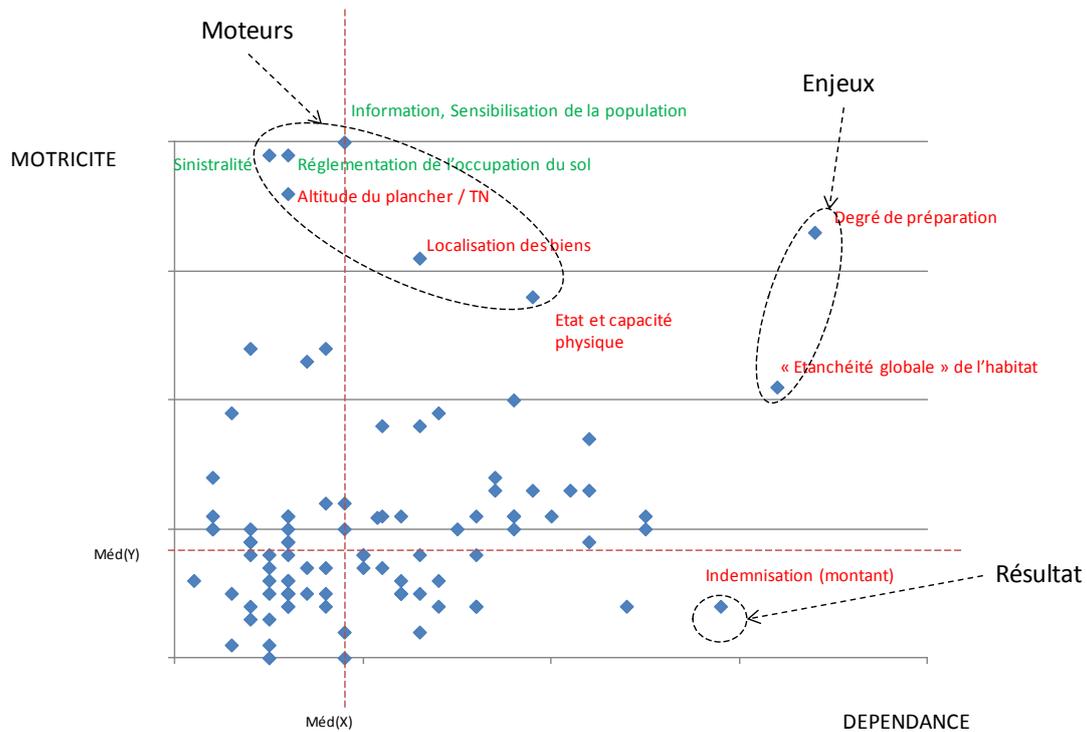


Figure 4-2 Changement d'échelle (matrice bornée à 40)

Un changement d'échelle a de nouveau été réalisé en bornant le nuage de points à 30.

#### 4.1.2.3 Nuage de points borné à 30

Treize autres facteurs et critères viennent compléter les précédents (Table 4-4).

<b>Facteur et critères moteurs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Localisation des équipements (électroménagers et réseaux)</li> <li>▪ Mobilité des biens et des équipements</li> <li>▪ Type constructif de l'habitat</li> <li>▪ Agencement des pièces dans l'habitat</li> <li>▪ Topographie du terrain (relief)</li> <li>▪ Vétusté des matériaux de construction</li> </ul>
<b>Critères enjeux</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensibilité des biens</li> <li>▪ Lieu refuge</li> <li>▪ Mesures de protection des équipements</li> <li>▪ Lieu de mise à l'abri des biens et des équipements</li> </ul>
<b>Critères résultats</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Accessibilité aux moyens de communication</li> <li>▪ Remise en état des réseaux d'alimentation</li> <li>▪ Dépendance vis-à-vis des services extérieurs</li> </ul>

Table 4-4 : Facteurs et critères issus du nuage de points borné à 30.

D'après la figure 4-3, « la topographie » est motrice de la vulnérabilité globale de l'habitat. Liée à l'environnement direct, elle peut influencer l'ensemble du système.

« Les types constructifs et l'agencement des pièces dans l'habitat » sont moteurs de la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle. Ceci conforte les résultats de l'analyse des dossiers sinistres réalisée dans le chapitre 3. Un habitat avec un étage permet non seulement de se réfugier pour assurer la sécurité des occupants mais également d'entreposer les biens afin de réduire les dommages matériels. A l'évidence, un habitat de plain-pied sera plus vulnérable qu'un habitat avec un étage. Dans certaines circonstances, une cave ou un vide sanitaire peuvent atténuer la hauteur d'eau au RdC. A titre d'exemple, une cuisine intégrée sera beaucoup plus vulnérable au RdC qu'à l'étage.

« La localisation des équipements » dans l'habitat est motrice de la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle. Les équipements situés en dessous des PHEC sont susceptibles d'être endommagés et d'augmenter l'ampleur des dommages matériels et fonctionnels. Dans ces conditions, « la mobilité des biens et des équipements » (électroménagers et réseaux) sont des

critères moteurs des vulnérabilités matérielle, fonctionnelle, organisationnelle et humaine. En référence à la définition du critère donnée dans le chapitre 3, les dommages collatéraux aux biens et aux personnes sont à considérer. En revanche, le déplacement, temporaire ou permanent, de ces biens et de ces équipements, au-dessus des PHEC, atténuera les préjudices.

« La vétusté des matériaux » influence la vulnérabilité matérielle de l’habitat. L’absence d’entretien des matériaux de construction est susceptible d’aggraver les dommages matériels.

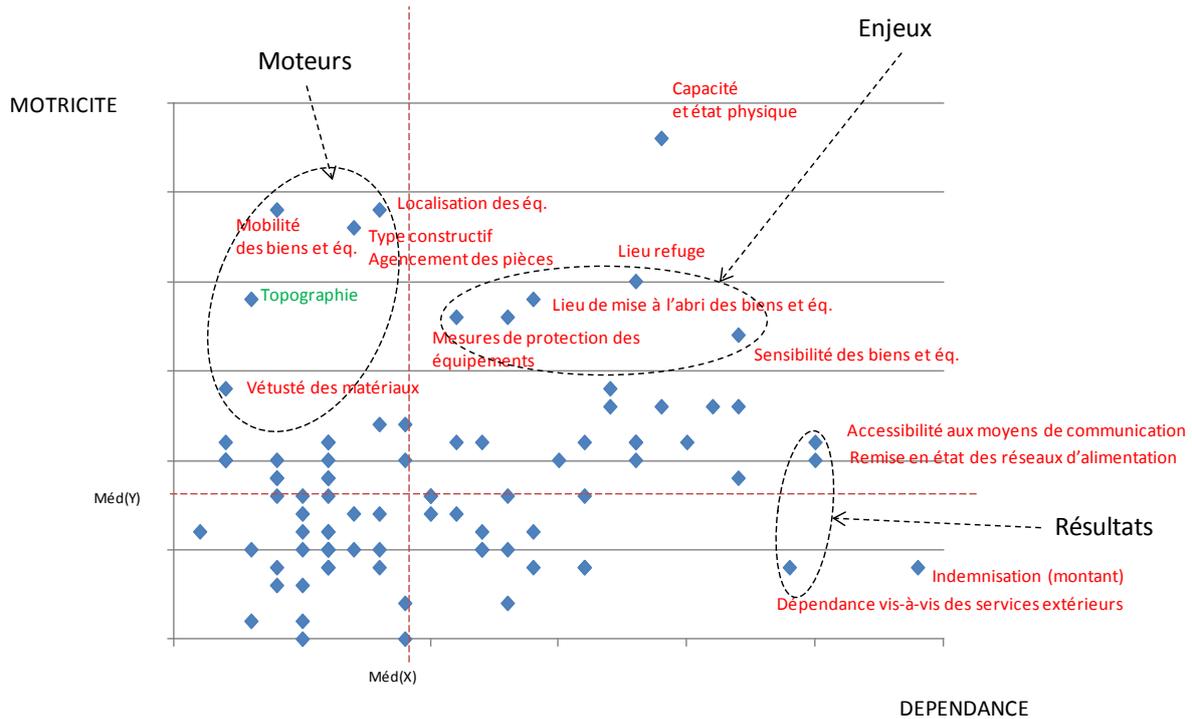


Figure 4-3 Changement d'échelle (matrice bornée à 30)

A l'évidence, « le lieu refuge » est un des enjeux majeur de réduction de la vulnérabilité humaine. Il dépend des modalités constructives de l'habitat et agit sur la sécurité des personnes.

A l'image du lieu refuge assurant la sécurité des personnes, « un lieu de mise à l'abri des biens et des équipements » doit garantir leur sécurité. Ce critère est moteur des vulnérabilités matérielle et organisationnelle. Il est, entre autre, dépendant des modalités constructives de l'habitat.

Dans la mesure où, certains biens ou équipements (électroménagers et réseaux) ne sont pas déplaçables, « des mesures de protection des équipements », temporaires ou permanentes, doivent être envisagées afin de réduire la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle.

« La sensibilité des biens et des équipements » (électroménagers et réseaux) est également un des enjeux majeurs dépendant notamment de leur localisation et de leur mobilité. Agir sur cette sensibilité permet d'atténuer l'ampleur des dommages matériels et fonctionnels et ainsi contribuer à faciliter un retour à la normale.

L'ensemble des critères résultats expliquent, en partie, les dommages énoncés précédemment. L'absence de moyens de communication consécutive à l'endommagement des réseaux de télécommunication entraîne l'isolement des particuliers et un possible comportement à risque.

« La remise en état des réseaux » est fortement dépendante du système et agit sur les vulnérabilités fonctionnelle et organisationnelle. La sauvegarde des équipements (électroménagers et réseaux) ne suffit pas à la reprise de l'activité de l'habitat. Les besoins fondamentaux des particuliers sont fortement dépendant de la remise en état des réseaux d'alimentation extérieurs et ce dans les plus brefs délais afin de ne pas retarder l'éventuelle réintégration de l'habitat. Cette situation souligne une forte dépendance vis-à-vis des services extérieurs.

A l'issue de cette analyse, nous avons élevé la matrice bornée à 30 au carré afin de dégager d'autres critères significatifs (figure 4-4). La mise au carré permet d'accentuer les écarts entre les effectifs forts et faibles. Il s'agit d'avoir une analyse globale mais suffisamment détaillée pour construire un outil d'autodiagnostic pertinent.

#### 4.1.2.4 Passage de la matrice à la puissance

A partir du nuage de points borné à 30, nous avons élevé au carré ce qui a permis de mettre en évidence trois autres critères supplémentaires (Table 4-5 et figure 4-4).

« Prioriser les actions pour sauver les biens à forte valeur sentimentale ou économique » influence les vulnérabilités matérielle, économique et humaine mais dépend également d'un certain nombre de critères moteurs dont fait partie la connaissance des dommages potentiels par le particulier.

CRITERES ENJEUX
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Priorité d'action pour la sauvegarde des biens et des équipements</li><li>▪ Sensibilité des matériaux de construction</li></ul>

CRITERES RESULTATS
▪ Etat et capacité psychologique du particulier

Table 4-5 Critères issus du nuage de points borné à 30 et élevé au carré.

« La sensibilité des matériaux de construction » est un des enjeux sur lequel agir pour diminuer les dommages matériels. Mais il dépend fortement des techniques de conception du matériau en amont. « L'état et la capacité psychologique » des particuliers résultent non seulement de l'évènement vécu mais également de la perte des biens à forte valeur sentimentale et économique. Comme évoqué dans le Chapitre 1, une inondation peut être vécue comme un traumatisme. L'atténuation de cette vulnérabilité humaine réside, entre autre, dans le renforcement de la prise de conscience du risque par les particuliers.

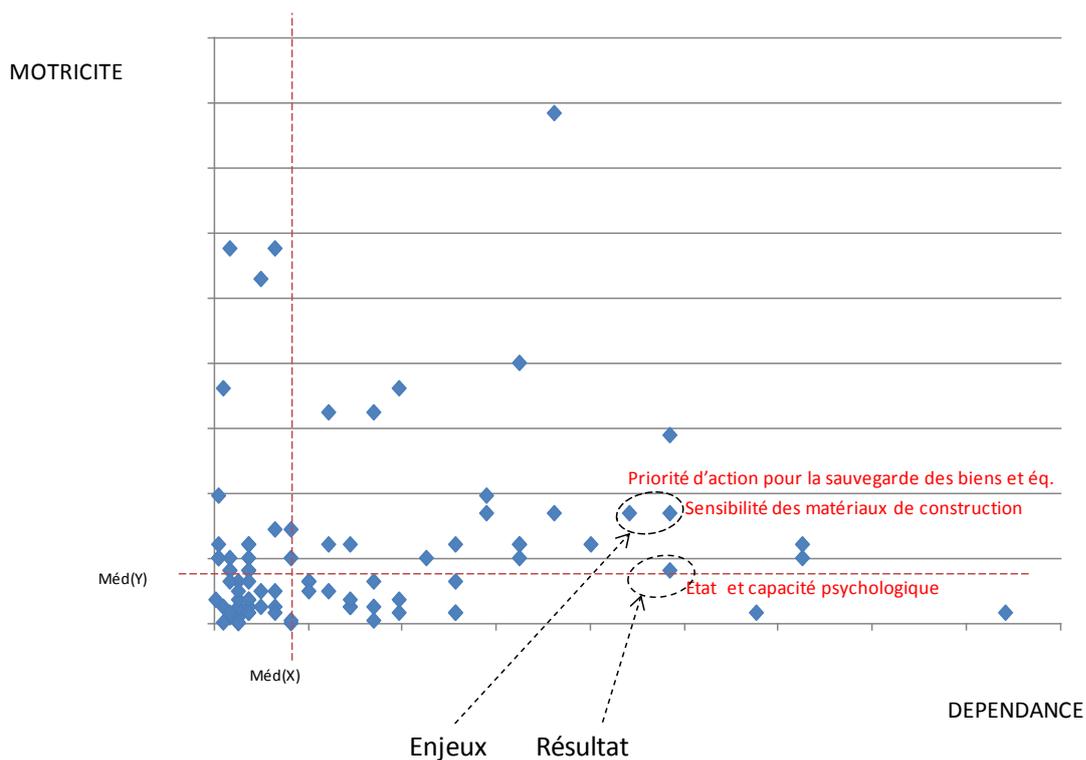


Figure 4-4 Nuage de points borné à 30 et élevé au carré

Des passages de la matrice aux puissances 3 et 4 ne dégagent pas de critères supplémentaires significatifs. Nous en restons donc aux ensembles de critères énumérés précédemment.

### 4.1.3 Conclusion de l'analyse structurelle

L'analyse a permis de mettre en évidence les critères majeurs susceptibles de faire varier la vulnérabilité de l'habitat aux inondations. Il faut être conscient que, basée sur une appréciation subjective, la catégorisation de certains critères pourrait être éventuellement remise en cause sans cependant d'impact majeur sur le résultat final.

Les critères ayant une influence et une dépendance infime sur l'ensemble du système ont été exclus de notre analyse. Ces critères peuvent néanmoins être utilisés dans la construction de l'autodiagnostic en tant que critères « mineurs ».

En résumé, les facteurs et critères moteurs sont regroupés dans la table 4-6

ENSEMBLE DES FACTEURS ET CRITERES MOTEURS
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Connaissance du risque par les particuliers</li><li>▪ Information et sensibilisation de la population</li><li>▪ Réglementation de l'occupation du sol en zone inondable</li><li>▪ Sinistralité (récurrence des évènements)</li><li>▪ Altitude du niveau du plancher par rapport au terrain naturel</li><li>▪ Localisation des biens (hors électroménager et réseaux)</li><li>▪ Etat et capacité physique du particulier</li><li>▪ Localisation des équipements (électroménagers et réseaux)</li><li>▪ Mobilité des biens et des équipements (électroménagers et réseaux)</li><li>▪ Type constructif de l'habitat</li><li>▪ Agencement des pièces dans l'habitat</li><li>▪ Topographie du terrain (relief)</li><li>▪ Vétusté des matériaux de construction</li></ul>

Table 4-6 Synthèse des facteurs et critères moteurs

Ces critères sont, pour la majorité, l'expression des moyens et des actions dont disposent la commune et le particulier pour gérer le risque. Quelle que soit la politique de gestion du risque menée par la commune, la connaissance du risque par les particuliers est un moyen incontournable de prise de conscience de la vulnérabilité et, par conséquent, influence la décision de ces derniers dans le choix des mesures de protection et de prévention à mettre en place pour faire face à l'évènement et atténuer les dommages.

Cette connaissance doit cependant être complétée et soutenue par les moyens d'information et de sensibilisation mis en place par la commune et ceci afin de développer une véritable conscientisation du risque. La sinistralité, au sens de la récurrence des événements, contribue à développer une expérience susceptible de changer les comportements.

La réglementation de l'occupation des sols en zone inondable par l'approbation d'un PPRI, dont la responsabilité incombe au préfet, conduit non seulement à contrôler les permis de construire mais également à prescrire des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Il est nécessaire de rappeler que l'approbation d'un PPRI sur une commune conditionne l'information préventive et l'organisation des secours. Autrement dit, en l'absence de tout PPRI, les particuliers sont plus vulnérables.

La topographie fait partie des critères moteurs liés à l'environnement de l'habitat. Elle est également motrice de la vulnérabilité globale de l'habitat.

Certains de ces critères moteurs sont inhérents aux spécificités architecturales de l'habitat (ex : types constructifs, altitude du plancher par rapport au terrain naturel, agencement des pièces, etc.) et influencent la vulnérabilité globale de l'habitat.

A ceux-ci se conjuguent la localisation et à la mobilité des biens et des équipements dans l'habitat par rapport au PHEC. L'endommagement des équipements réseaux (ex : compteur électrique) perturbe voire supprime les fonctions vitales nécessaires à satisfaire les besoins fondamentaux des particuliers. Conjugée à la perte de biens à forte valeur sentimentale, la situation vécue par les particuliers est traumatisante. Dans l'intérêt d'atténuer l'ensemble de ces dommages matériels, fonctionnels et humains, le déplacement des biens et des équipements au-dessus des PHEC est nécessaire pour envisager un retour rapide à la normale.

La vétusté des matériaux apparaît ici comme moteur d'une vulnérabilité matérielle. Néanmoins, ce critère est difficilement mesurable dans le cadre d'une démarche d'autodiagnostic. Nous approfondirons notre réflexion dans la suite de ce chapitre.

Enfin, l'état et la capacité physique des particuliers est un des critères majeurs à considérer avec plus particulièrement d'intérêt. Ce dernier met en évidence l'aptitude des particuliers à faire face à l'évènement.

La Table 4-7 regroupe l'ensemble des neuf critères enjeux identifiés.

<b>ENSEMBLE DES CRITERES ENJEUX</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Présence de dispositifs de protection des biens</li> <li>▪ Degré de préparation du particulier</li> <li>▪ « Etanchéité globale » de l’habitat</li> <li>▪ Sensibilité des biens</li> <li>▪ Lieu refuge</li> <li>▪ Mesures de protection des équipements (électroménagers et réseaux)</li> <li>▪ Lieu de mise à l’abri des biens et des équipements</li> <li>▪ Priorité d’action pour la sauvegarde des biens</li> <li>▪ Sensibilité des matériaux de construction</li> </ul>

Table 4-7 Synthèse des facteurs et critères enjeux

De par leur position intermédiaire, ces critères représentent des enjeux pour lesquels il est possible d’agir pour atténuer la vulnérabilité globale de l’habitat. A titre d’exemple, le degré de préparation du particulier est possible en renforçant l’information sur le risque auprès des particuliers mais peut être remis en cause selon l’état psychologique des particuliers lors de l’annonce ou de l’arrivée de l’évènement.

La Table 4-8 regroupe l’ensemble des sept critères mis en évidence.

<b>ENSEMBLE DES CRITERES RESULTATS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampleur des dommages</li> <li>▪ Remise en état de l’habitat</li> <li>▪ Indemnisation (montant)</li> <li>▪ Accessibilité aux moyens de communication</li> <li>▪ Remise en état des réseaux d’alimentation</li> <li>▪ Dépendance vis-à-vis des services extérieurs</li> <li>▪ Etat et capacité psychologique du particulier</li> </ul>

Table 4-8 Synthèse des critères résultats

Ces critères découlent des dommages matériels, fonctionnels et organisationnels. Ils sont intrinsèques à l'habitat mais également fortement dépendant de l'environnement.

L'ensemble des variables est ensuite catégorisé selon trois dimensions qui constituent le fondement du questionnaire de l'autodiagnostic (figure 4-5).

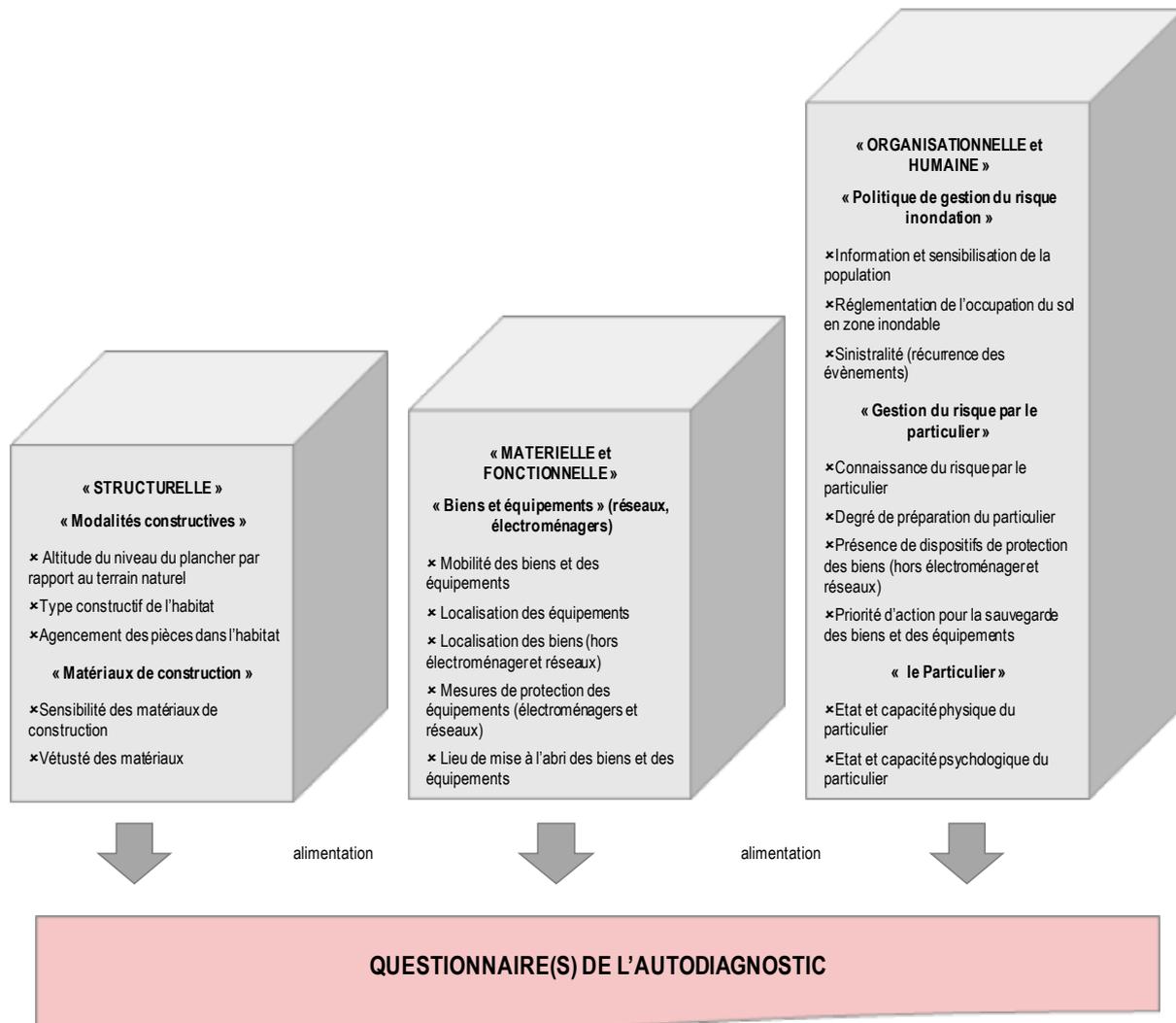


Figure 4-5 Trois dimensions de critères et de facteurs fondatrices du questionnaire de l'autodiagnostic

La dimension « structurelle » rassemble des critères liés aux caractéristiques architecturales de l'habitat (ex : types constructif, agencement des pièces, matériaux de construction, etc.). Ces critères influencent, en partie, l'endommagement de l'« enveloppe » structurelle de

l'habitat et peuvent donc être considérés comme majeurs. Ils influencent également l'endommagement des biens et des équipements (ex : biens mobiliers, équipements électroménagers et réseaux, etc.).

La dimension « matérielle et fonctionnelle » renvoie aux critères liés à la localisation, la mobilité et les mesures de protection et de prévention des biens et des équipements. Ces critères agissent sur la satisfaction des « fonctions vitales » de l'habitat auprès des particuliers.

La dimension « organisationnelle et humaine » est dépendante non seulement d'une capacité individuelle mais également collective. La dimension organisationnelle renvoie à la connaissance du risque par les particuliers, mais également, aux mesures de préparation et de protection faisant partie des mesures de mitigation mises en place par le particulier et dépendantes, en partie, de l'efficacité de la politique de gestion du risque. La connaissance des particuliers est fortement dépendante des moyens mis en place par la commune. L'ensemble de ces mesures induit indéniablement la remise en état de l'habitat et l'impact des dommages humains.

Les résultats mis en évidence ont permis de corriger et/ou d'enrichir notre modèle.

#### **4.1.4 Une nouvelle modélisation de la vulnérabilité de l'habitat**

L'analyse structurelle n'a pas suffisamment dégagé de critères relatifs à la vulnérabilité économique de notre système. Cependant, cet aspect pourra faire l'objet d'une étude ultérieure dans le but de sensibiliser le particulier à la perte due à la décote de ses biens en cas de dommages (ex : indemnisation / valeur immobilière).

Le nouveau modèle met en avant l'influence des mesures de mitigation sur l'aléa et la vulnérabilité globale de l'habitat (figure 4-6). Comme évoqué précédemment, ces mesures de réduction de la vulnérabilité sont issues de l'initiative individuelle mais également de la capacité organisationnelle de tout un chacun, influencées ou non par les moyens mis en place par la commune (ex : PPRI, DICRIM, etc.).

L'identification des critères liés aux caractéristiques architecturales de l'habitat constitue l'un des principaux apports de cette démarche. Comme évoqué, un habitat de plain-pied sera plus vulnérable qu'un habitat pourvu d'un étage, non seulement sur le plan matériel mais également humain. L'endommagement de matériaux de construction est à l'origine d'une vulnérabilité structurelle.

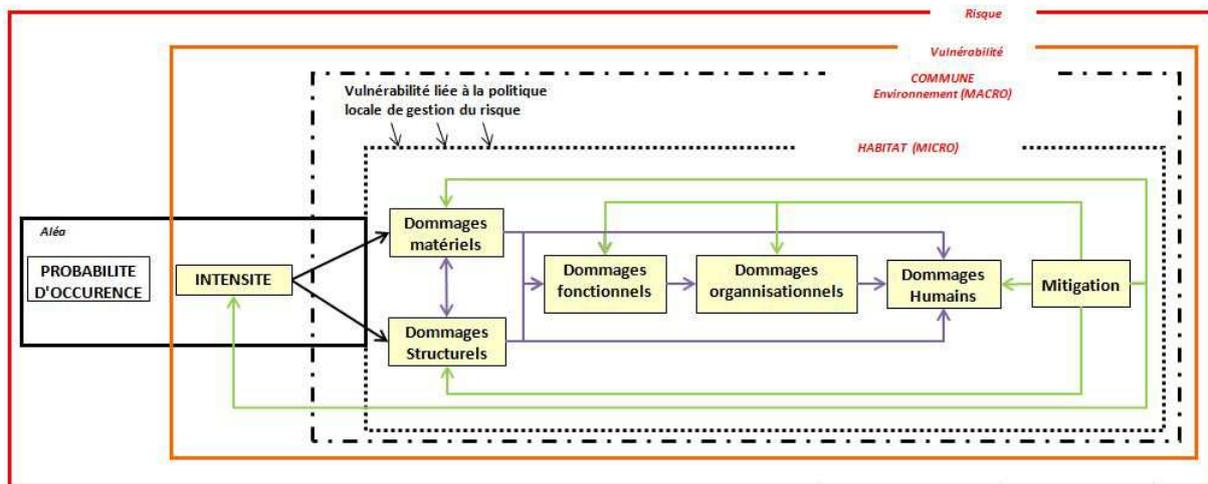


Figure 4-6 Schéma simplifié du système de vulnérabilité aux inondations de l'habitat individuel

D'autre part, les dommages structurels peuvent être influencés par des dommages matériels (ex : choc d'une citerne, d'un chauffe-eau, etc.). Inversement, les dommages structurels fragilisent l' « enveloppe » de l'habitat susceptible d'engendrer des dommages matériels.

Les dommages matériels et structurels induisent directement ou indirectement les dommages fonctionnels et/ou humains.

Cette section a mis en évidence l'ensemble des critères majeurs susceptibles de faire varier la vulnérabilité de l'habitat des particuliers. Ces critères ont été rassemblés sous trois dimensions distinctes et complémentaires à partir desquelles il s'agit de concevoir un instrument d'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat des particuliers.

Une fois les critères énoncés, il s'agit de les agencer selon un processus méthodologique. Critères et processus méthodologique nous permettront d'élaborer l'outil d'autodiagnostic dont le choix a été justifié dans le chapitre 3.

## 4.2 Analyse des méthodes de diagnostics pour concevoir la méthode d'autodiagnostic

La présente section a pour objet de décrire les méthodes de diagnostics existantes en matière d'inondation afin de justifier et de concevoir la méthode de l'outil d'autodiagnostic. Plus largement utilisé en médecine, le diagnostic consiste, pour un expert, à discerner, identifier et porter un jugement sur une situation complexe, à partir d'indicateurs. L'autodiagnostic est, quant à lui, un diagnostic réalisé par l'individu lui-même (non expert).

La première partie de cette section consiste à faire état des guides d'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat réalisé par l'Etat et ses services en partenariat avec des experts du bâtiment (ex : CSTB). La deuxième partie consiste à analyser la méthode du Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation (CEPRI) en matière d'évaluation de la vulnérabilité du bâtiment face à l'inondation. La troisième partie expose les étapes de réalisation du diagnostic de vulnérabilité de l'habitat aux inondations réalisées par l'EPTB Saône Doubs. Enfin, la quatrième partie de cette section est consacrée à l'analyse de la méthode de diagnostic des Etablissements Recevant du Public (ERP) réalisé par des scientifiques [CHAUVITEAU et VINET, 2006].

#### **4.2.1 Les guides d'évaluation de vulnérabilité de l'habitat**

Globalement, les guides mis à disposition par les services publics [DGHUC et CSTB, 2005 ; DRE Bretagne, 2004] listent un ensemble de recommandations non ciblées selon les caractéristiques propres à chacun. Ceci souligne les faiblesses de la politique en matière de sensibilisation de la population. En France, la stratégie de prévention auprès des particuliers est axée sur des objectifs à atteindre alors que certains pays anglo-saxons développent la conscientisation du risque en inculquant une « manière de faire » (autoformation) auprès de la population. Ceci conditionne davantage une meilleure prise de décision dans les mesures à adopter pour réduire la vulnérabilité de l'habitat.

#### **4.2.2 Guide méthodologique pour diagnostiquer et réduire la vulnérabilité du bâtiment face à l'inondation**

Réalisé par le Centre Européen de Prévention des Risques Inondation (CEPRI), le guide méthodologique intitulé « Le bâtiment face à l'inondation, Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité » [CEPRI, 2010] est un outil à l'usage des professionnels du bâtiment (diagnostiqueurs). Accompagné d'une aide-mémoire sur la vulnérabilité des ouvrages, ce guide a pour objectif d'aider les professionnels à identifier et recenser les dommages potentiels d'un bâtiment (public ou privé) afin de recommander des dispositions d'aménagement des ouvrages pour réduire la vulnérabilité du bâtiment.

Ce guide ne s'applique pas dans des zones soumises à des crues dont la vitesse du courant est importante (endommagement trop peu connu pour être identifié lors d'un diagnostic). Il ne prend également pas en compte la rentabilité économique des mesures de prévention au regard du coût des dommages potentiels.

L'objectif est d'apprécier la vulnérabilité du bâtiment selon trois critères principaux :

- « la sécurité des personnes »,
- « le délai de retour à la normale du fonctionnement du bâtiment »,
- « les effets domino liés à l'environnement immédiat » (ex : pollution).

Ce guide se décline en plusieurs étapes, auxquelles sont associées des outils, qui guident et facilitent la réalisation du diagnostic par le professionnel (figure 4-7).

Les scénarios d'inondation consistent à déterminer la hauteur d'eau potentielle susceptible d'être atteinte dans le bâtiment (Outil 2). Ces scénarios sont réalisés lors d'interviews entre le diagnostiqueur et l'habitant ou la personne responsable du bâtiment. Les Atlas des Zones Inondables (AZI) sont des documents à partir desquels le diagnostiqueur peut prendre connaissance des niveaux d'eau potentiels. Sur la base d'une prise de connaissance des informations détenues par les services administratifs (DDE, EPTB, etc.), il s'agit de définir un scénario "crédible" en accord avec le propriétaire du bâtiment.



Figure 4-7 Etapes de réalisation du diagnostic [CEPRI, 2010]

La visite sur le site (Outil 3) consiste à réaliser un état général des caractéristiques du bâtiment, un examen détaillé et une visite complète (intérieur et extérieur). Ce travail a pour support un tableau de synthèse (« check list », Outil 4) aidant ainsi le diagnostiqueur à mesurer la vulnérabilité de chaque élément constitutif du bâtiment. A chaque ouvrage est renseignée : la nature des dommages potentiels, les probabilités d'endommagement ainsi que le degré de vulnérabilité en matière de sécurité des personnes et de délais de retour à la normale (figure 4-8).

Ouvrages	Description de l'ouvrage			Nature des dommages potentiels	Probabilité (en %) de dommages			Incidence H H en mètres	Vuln. Sécurité	Vuln. Retour	Commentaires	Mètre
	Parties des ouvrages	Caractéristiques	Matériaux		< 0,5 j	2 à 3 j	> 3 j					
Fondations			Béton	Affouillement, gonflement d'un sol argileux et par suite tassements différentiels	0	0	5	Non	1	1	Influence possible du courant en terrain meuble.	
Vide sanitaire				Rupture ou débordement de canalisations d'évacuation posées sur le sol	0	0	15	Non	1	1	Détecter des anomalies sur les fondations et les canalisations qui seront suspendues de préférence.	
				Remplissage et dépôt de boue	100	100	100					
Murs enterrés	Mur	Maçonnerie sans enduit	Pierre	Dégradation des joints de maçonnerie	0	0	5	Non	0	0	Fissuration par poussée hydrostatique, non liée à la durée.	
			Agglo ciment	Pas de dommages	0	0	0					
		Maçonnerie avec enduit	Brique	Gonflement et effritement de la brique	0	0	5					
			Agglo ciment, brique, pierre	Fissuration par poussée hydrostatique	0	0	5					
				Fissuration par tassement différentiel	0	0	5					
	Béton	Béton	Fissuration par tassement différentiel	0	0	5						
	Enduit		Mortier ciment	Décollement	0	0	5					

Figure 4-8 Extrait du tableau de synthèse [CEPRI, 2010]

A partir de cette Check List, le diagnostiqueur rassemble l'ensemble de ses observations dans l'outil 5 afin d'être en mesure de choisir une stratégie d'actions (Outil 6).

Le bilan du diagnostic consiste à proposer des recommandations au regard des types de dommages mis en évidence au préalable. Trois scénarios de stratégies d'actions sont alors proposés (au choix du propriétaire, Outil 7) :

- Stratégie « résister » : réduire la vulnérabilité du bâti,
- Stratégie « céder » : abandonner le bâti,
- Stratégie « Statu Quo » : laisser en l'état, autrement dit, attendre l'indemnisation pour réparer.

La méthodologie a l'avantage d'être clairement définie et contribue ainsi à la qualité de l'outil dans son ensemble. Chaque étape est explicitée de manière simple afin de faciliter la compréhension et l'évaluation de la vulnérabilité de professionnels potentiellement novices dans le domaine.

Réalisé à partir des connaissances des experts du bâtiment et de la construction (ex : CSTB), le tableau de synthèse peut être considéré comme « candidat » à un référentiel technique du bâtiment aujourd'hui absent dans le domaine du risque inondation.

Destiné à l'usage des professionnels (ex : diagnostiqueurs), l'outil considère davantage l'aspect structurel du bâti au détriment d'une évaluation de la connaissance des propriétaires et d'une prise en considération des moyens mis en place à l'échelle de la commune.

Parmi les stratégies d'actions proposées, la stratégie de « Statu Quo » est discutable dans la mesure où nous considérons qu'il existe des mesures de bon sens susceptibles d'atténuer sensiblement les dommages. A priori, l'usage des fonctionnalités d'un Système d'Information Géographique (SIG) permettant une analyse géographique des bâtiments diagnostiqués n'est pas considéré.

#### **4.2.3 Diagnostic de vulnérabilité de l'habitat aux inondations, EPTB Saône Doubs**

Comme évoqué dans le chapitre 2, dans le cadre de programmes (ex : PAPI, OPAH, etc) financés par les collectivités locales, l'Etat et / ou l'Europe, l'EPTB Saône Doubs réalisent des diagnostics de vulnérabilité de l'habitat aux inondations sur la base du volontariat. Un technicien spécialisé définit des scénarios d'inondation à partir des niveaux de crues historiques et réglementaires (laisses de crues, AZI, PPRI, etc.) puis les complète d'un levé topographique à l'échelle de la parcelle (altitude absolue de l'habitat).

Une visite technique d'une durée d'environ deux heures est ensuite effectuée. Sur la base d'un questionnaire, le technicien identifie et recense l'ensemble des points sensibles du bâtiment (structure, réseaux, matériaux, mobilier, etc.). Au terme du diagnostic, un rapport de visite de plusieurs pages est remis au particulier.

Ce rapport comprend (Annexe 4) :

- des « références » sur l'habitat (ex: adresse, référence altimétrique, etc.),
- des données pratiques sur le risque d'inondation au regard des documents présents sur la commune (ex : informations sur le dispositif d'annonce de crue, sur les documents de référence, les modalités de financement des mesures de prévention, etc.),
- des données humaines relatives à l'occupation de l'habitat et au vécu des inondations,
- des données techniques relatives aux matériaux du bâti (intérieur et extérieur), aux réseaux et aux biens mobiliers,
- des données sur les dégâts potentiels concernant les personnes, le bâti et les biens à l'intérieur du bâtiment.

Enfin, un tableau liste un ensemble de mesures à prioriser. A chaque mesure est associée une enveloppe de coûts et une indication selon laquelle cette mesure est prescrite ou non dans le PPR.

L'outil a l'avantage de définir les scénarios d'inondation à partir de données réglementaires et d'un levé altimétrique garantissant ainsi une précision dans l'information et la connaissance du niveau d'eau potentiel. Il informe également le particulier sur les moyens mis en place par la commune. D'autre part, les recommandations sont priorisées au respect des mesures prescrites dans les PPRI et associées à une enveloppe de coûts. L'avantage est de sensibiliser les particuliers sur une estimation économique des mesures de prévention à mettre en place. Ceci suggère une base de connaissances sur les coûts des mesures. Le rapport de visite est clairement défini et prend en compte les étapes nécessaires pour apprécier la vulnérabilité. Néanmoins, il est essentiellement conçu sur du déclaratif sans référence à une grille d'analyse technique standardisée.

Tout comme le diagnostic réalisé par le CEPRI, l'outil considère davantage l'aspect structurel du bâti au détriment d'une évaluation de la connaissance des particuliers. L'usage des fonctionnalités d'un Système d'Information Géographique (SIG) semble également absent.

#### **4.2.4 Le diagnostic des Etablissements Recevant du Public (ERP)**

L'appréciation de la vulnérabilité des ERP répond à deux volontés politiques. D'une part les pouvoirs publics incitent de plus en plus à la prise en compte de la vulnérabilité dans les documents de maîtrise de l'occupation des sols et d'organisation des secours et d'autre part les syndicats de Bassin, sous la pression de l'Etat et des populations doivent engager des mesures de réduction de la vulnérabilité à partir de leurs propres outils d'évaluation.

La méthode du diagnostic des ERP [CHAUVITEAU et VINET, 2006], dont le modèle a été explicité dans le Chapitre 3, consiste à étudier la vulnérabilité selon quatre axes : la vulnérabilité humaine, structurelle, économique et les mesures de protection existantes (figure 4-9).

Axes	Critères	Type de critères	Sources
Vulnérabilité humaine	Nombre de personnes concernées quotidiennement	Quantitatif	INSEE, enquête de terrain
	Fréquentation moyenne par jour de l'établissement par le public	Quantitatif	Enquête de terrain
	Type de public	Qualitatif	Enquête de terrain
	Possibilité(s) d'évacuation	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Perception des crues de l'Orb	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Comportement en cas de crise	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
Vulnérabilité structurelle du bâtiment	Qualité des fondations	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Qualité de la structure	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain
	Mode de chauffage utilisé	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteur du compteur électrique	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteurs des prises électriques	Qualitatif	Enquête de terrain
	Hauteurs des prises téléphoniques	Qualitatif	Enquête de terrain
	La couverture du sol	Qualitatif	Enquête de terrain
	La couverture des murs	Qualitatif	Enquête de terrain
	Les mesures de protections spécifiques	Binaire	Enquête de terrain
Vulnérabilité économique	Matériel lié à l'activité	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain, CCI*
	Possibilité de mettre ce matériel hors d'eau	Binaire	Enquête de terrain
	Pertes maximales envisagées	Quantitatif	Enquête de terrain
	Modalité d'assurance	Binaire	Enquête de terrain, assurance
Les mesures de prévention existantes	Présence de plan de mise en sécurité	Qualitatif ordinal	Enquête de terrain, commune

Figure 4-9 Récapitulatif des axes selon les critères d'évaluation de la vulnérabilité [CHAUVITEAU et VINET, 2006]

L'appréciation de la vulnérabilité des ERP est réalisée à partir des niveaux d'aléa relevés dans les PPRI. Chaque critère de vulnérabilité est défini en classes (figure 4-10).

	Classe	Points
Nombre de personnes concernées quotidiennement	1 à 10	1
	11 à 100	2
	100 et plus	3
Fréquentation par jour (public)	NC	0
	1 à 99	1
	100 à 300	2
	301 à 700	3
	701 à 1 500 1 501 et plus	4 5
Type de public	Adulte en bonne santé	0
	Mixte	1
	Personne âgée sans invalidité	2
	Population entre 12 et 18 ans	2
	Enfant entre 0 et 12 ans Personne handicapée, invalide ou malade	3 4
Possibilité d'évacuation	1 accès hors zone inondable	-2
	1 ou plusieurs accès mais classés en zone inondable	-1
	Pas d'accès	0
Perception des crues de l'Orb	Bonne connaissance du risque inondation sur l'Orb	-2
	Connaissance du risque mais ne conçoit pas que son bâtiment soit inondé	-1
	Pas de connaissance du risque	0
	NC	0
	Bonne connaissance des mesures de prévention existantes	-2
	Connaissance de certaines mesures de prévention et de protection	-1
Evaluation du comportement en cas de crise	Pas de connaissance des mesures de prévention existante	0
	NC	0
	Attitude positive et logique	-2
	Attitude positive mais quelques mauvais réflexes Attitude négative (fait tout ce qui ne faut pas faire) NC	-1 0 0

NC : données non communiquées ou non disponibles.

Figure 4-10 Les critères et les classes de la vulnérabilité humaine [CHAUVITEAU et VINET, 2006]

Chaque classe est pondérée par un nombre de points en positif ou en négatif selon que le facteur est considéré comme aggravant ou diminuant la vulnérabilité.

A partir de cette attribution de points, une discrétisation permet de quantifier chacune des vulnérabilités, qui rassemblées, permettent d’apprécier la vulnérabilité globale de l’ERP. Dans ces conditions, une échelle de vulnérabilité basée sur une classification qualitative a été créée à cet effet (très faible à élevé). Chaque classe a été pondérée (figure 4-11). L’enjeu majeur étant la sécurité des personnes, l’attribution des points relatifs à la vulnérabilité humaine a été multipliée par deux. Les points sont ensuite cumulés et rendent compte de la vulnérabilité globale de l’ERP.

Vulnérabilité humaine	Élevée	6
	Moyenne	4
	Faible	2
Vulnérabilité du/des bâtiments	Élevée	3
	Moyenne	2
	Faible	1
Vulnérabilité économique	Élevée	3
	Moyenne	2
	Faible	1
Mesure de protection existante	Importante	- 2
	Faible	- 1
	Aucune	0

Figure 4-11 L'échelle globale de vulnérabilité des ERP [CHAUVITEAU et VINET, 2006]

Au terme de cette analyse, une représentation cartographique est réalisée. Chaque ERP diagnostiqué est accompagné d’une fiche descriptive reprenant les sept étapes de la méthode et complétée d’un commentaire personnalisé (figure 4-12). Pour des questions d’utilisation, cette démarche est complétée des fonctionnalités d’un Système d’Information Géographiques (SIG) permettant ainsi de faire le lien entre la parcelle et la fiche.

ÉTABLISSEMENT VULNÉRABILITÉ FORTE		
		
<b>Bâtiment X</b> 17, rue de la Paix 34 600 Bédarieux Tel : Propriétaire : Directeur : Classement PPRI : Année d'ouverture : Code cadastre : Classification E.R.P. : Nombre de personnes concernées :		
<b>ASPECT HYDRAULIQUE : aléa fort</b>		
Cours d'eau mis en cause : Distance de l'établissement par rapport au cours d'eau : Crue de référence : PHE : Facteur(s) aggravant(s) de l'aléa :		
<b>VULNÉRABILITÉ HUMAINE : élevée</b>		
<b>Aspect humain</b> Nombre d'employés : Horaire d'ouverture : Nombre d'élèves : Horaire d'ouverture : Type de public : Evacuation :		<b>Aspect historique</b>
<b>VULNÉRABILITÉ BÂTIMENT : élevée</b>		
<b>Aspect général</b> Nombre d'étage : Activité étage hors d'eau : Qualité de la structure : Qualité des fondations :	<b>Aspect pratique</b> Chauffage : Compteur électrique : Prise électrique : Prise téléphone : Sol : Mur :	<b>Protection bâtiment</b> Accès hors d'eau : Batardeau : Vide Sanitaire :
<b>VULNÉRABILITÉ ÉCONOMIQUE : faible</b>		
Matériel lié à l'activité : Etablissement assuré		
<b>MESURE DE PROTECTION : élevée</b>		
<b>Mesure de prévention</b>		
<b>COMMENTAIRE</b>		
<b>Remarque</b>		
<b>MESURES DE PROTECTION SUGGÉRÉES POUR RÉDUIRE LA VULNÉRABILITÉ</b>		
_Batardeau		

Figure 4-12 Modèle de fiche de diagnostic de vulnérabilité d'un ERP

[CHAUVITEAU et VINET, 2006]

Cette démarche a l'avantage d'être simple d'utilisation et de répondre aux besoins des collectivités territoriales en matière d'aide à la prise de décision. Néanmoins, les auteurs mettent en évidence les limites d'une méthode analytique qui ne peut s'affranchir de la notation et de la pondération arbitraire de certains critères. Comme évoqué dans l'étude, l'ajustement des pondérations se fait à « dire d'expert » et repose sur une discussion entre des utilisateurs de la méthode et des personnes de terrain. Pour affiner la notation, ces mêmes auteurs évoquent les fonctions de pertes. Ils émettent également des pistes concernant la pondération des critères en fonction des caractéristiques de l'aléa et des caractéristiques socio-économiques des zones d'implantation des ERP.

Cette section a permis de sélectionner des éléments pertinents pour répondre à notre problématique tout en excluant un certain nombre d'entre eux :

- la référence altimétrique propre à chaque habitat, nécessitant l'intervention d'un expert,
- les mesures de prévention contenues dans les PPRI, nécessitant une informatisation de ces dernières,

- le coût des mesures de prévention, n'étant pas la priorité de la démarche (perspectives à envisager).

Cette analyse a également mis en évidence l'absence de système automatisé et informatisé pour chacune des méthodes énoncées. En considérant les limites évoquées ci-dessus, il s'agit de concevoir la méthode de l'outil d'autodiagnostic.

### **4.3 Mise en œuvre d'une méthode d'autodiagnostic des vulnérabilités de l'habitat face à l'inondation**

La première section de ce chapitre a mis en évidence les variables majeures de notre système. La deuxième section a été consacrée à l'analyse des méthodes de diagnostics existantes à partir desquelles ont été retenues et/ou exclues des éléments méthodologiques. En s'appuyant sur l'ensemble des connaissances et des enseignements tirés de ces deux premières sections, il s'agit à présent de concevoir la méthode d'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation.

La première partie de cette section rappelle brièvement les objectifs de la méthode de réalisation de l'autodiagnostic et met en garde sur les limites rencontrées. La deuxième partie est destinée à présenter la démarche méthodologique de l'outil d'autodiagnostic.

Afin de garantir une ergonomie d'utilisation de l'outil et une automatisation des traitements et des calculs favorisant un gain de temps et une fiabilité significative des résultats, nous avons réalisé un outil informatisé et automatisé contribuant à son originalité. L'objet de la troisième partie de cette section consiste à satisfaire les objectifs de notre démarche en faisant appel aux fonctionnalités d'un éditeur de diagnostic qu'il s'agit d'articuler avec une plateforme géomatique.

#### **4.3.1 Objectifs et limites de la méthode d'autodiagnostic**

Au regard des attentes et des besoins induits évoqués dans le chapitre 3, il s'agit de proposer un outil qui permet au particulier d'identifier les vulnérabilités de son habitat, d'en retirer les enseignements nécessaires pour y faire face et par conséquent de mieux gérer le risque inondation.

La méthode proposée se décline en cinq étapes :

- Exposition de l'habitat du particulier : Il s'agit de géolocaliser l'habitat en zone inondable et / ou réglementaire ;

- Choix de scénarios de référence « hypothétique » : en l'absence de données informatisées sur les caractéristiques de l'aléa, nous proposons des scénarios hypothétiques ;
- Caractériser l'habitat et l'habitant : à l'aide d'un questionnaire, il s'agit de dresser des « fiches d'identité » sur les enjeux exposés ;
- Identifier les vulnérabilités : à l'aide d'un questionnaire, il s'agit de dresser des « fiches d'identité » sur les enjeux exposés ;
- Quantification et discrétisation des vulnérabilités : à l'aide d'une pondération des critères, il d'agit d'établir une « notation » pour chacune des vulnérabilités.

L'outil proposé n'a pas vocation à être normatif, néanmoins, à l'image des « Serious Game »<sup>70</sup>, il a pour objectifs d'être à la fois :

- un outil fondé sur la base de connaissances expertes, scientifiques, techniques et réglementaires, enrichies par celles des particuliers ;
- un outil pédagogique de « mise en situation » permettant à tout un chacun de s'informer, de s'auto-former (ex : maîtrise du batardeau) et de se sensibiliser sur l'ensemble des actions et des mesures conduisant à réduire les dommages potentiels (ex : vidéo, fiches, guides, etc.).

Conjuguée au contexte de développement de l'outil, la démarche méthodologique d'autodiagnostic s'affranchit néanmoins d'un certains nombres d'éléments dont une partie est évoquée en section 4.3.

En l'absence de données informatisées sur les caractéristiques de l'inondation (hauteur d'eau, durée de submersion, etc.), des scénarios hypothétiques ont été définis « à dire d'expert ». Ceci induit inévitablement un manque de précision de l'outil.

En l'absence de référentiel technique sur les matériaux de construction et leur comportement à l'inondation, un tableau « générique » a également été réalisé à « dire d'expert ».

Afin de renseigner les facteurs majeurs à l'échelle de la commune (ex : altitude), l'acquisition de certaines données géographiques, aujourd'hui payantes (ex : BD Topo, MNT<sup>71</sup>), sera conditionnée selon nos moyens et nos besoins (précision).

---

<sup>70</sup> « Application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement » [ALVAREZ, 2007].

<sup>71</sup> Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation de la topographie du terrain.

Enfin, il a paru nécessaire de poser les limites d'une évaluation sans diagnostiqueur (expert). Dans son ouvrage intitulé « Enquête : entretien et questionnaire », le sociologue et économiste Hervé Fenneteau fait état des avantages et des inconvénients d'une enquête menée avec ou sans enquêteur [FENNETEAU, 2007]. Ce travail a été la principale référence de notre démarche. La table 4-2 fait référence à cette comparaison.

Dans le cadre d'une évaluation sans diagnostiqueur, il est essentiel de penser les questions simplement et de manière synthétique afin d'éviter toute ambiguïté susceptible de rendre l'évaluation incomplète. D'autre part, il est nécessaire de concentrer les efforts sur un support simple et pédagogique afin de susciter l'intérêt des particuliers et de favoriser leur prise de conscience.

<b>Sans enquêteur (au sens diagnostiqueur)</b>	<b>Avec enquêteur (au sens diagnostiqueur)</b>
<p><b>Avantages :</b>            + Coût peu élevé,            + Pas de réponse de façade,            + Effort de compréhension (prise de conscience),            + Support visuel (sensibilisation).</p>	<p><b>Avantages :</b>            + Incitation à la réponse,            + Reformulation de la question,            + Contrôle de la réponse.</p>
<p><b>Inconvénients :</b>            - Réponses partielles (négligence des questions ambiguës),            - Taux de réponses faibles.</p>	<p><b>Inconvénients :</b>            - Coûteux,            - Assimilation difficile (prise de conscience amoindrie),            - Enquêteur « parasite » la qualité des réponses,            - Absence de confidentialité des réponses induit des réponses de façade.</p>

Table 4-9 Avantages et inconvénients d'une évaluation avec ou sans enquêteur

L'aspect cognitif ne sera pas abordé dans notre démarche, nous réservons cette étude dans des perspectives éventuelles.

En considérant l'ensemble de ces objectifs et de ces limites, il s'agit à présent de définir la démarche méthodologique de l'autodiagnostic.

### 4.3.2 Principe de fonctionnement du système de l'outil d'autodiagnostic

Une représentation simplifiée du principe de fonctionnement du système de l'outil d'autodiagnostic est représentée à la figure 4-13. Les étapes présentées dans ce schéma sont détaillées dans la suite de ce chapitre.

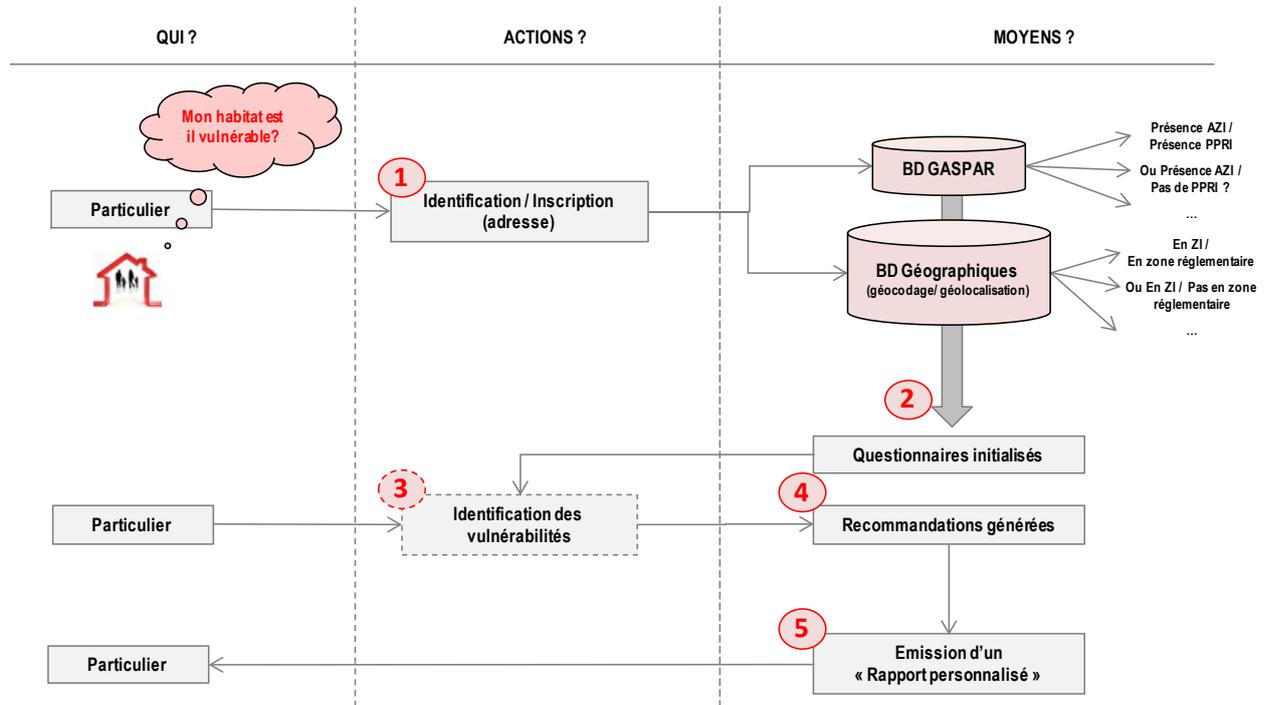


Figure 4-13 Représentation simplifiée du principe de fonctionnement du système de l'outil d'autodiagnostic

Le principe de fonctionnement du système se décline en cinq étapes :

Etape 1 : « Identification / InSCRIPTION » : L'adresse des particuliers initialise les questionnaires à l'aide de bases de données géographiques et non géographiques. Ce procédé fait appel aux fonctionnalités d'un outil géomatique. Cette étape sera développée plus en détails dans la suite de ce chapitre.

Etape 2 : « Questionnaires initialisés » : Il s'agit de sélectionner (ou d'extraire) les questionnaires appropriés à la situation du particulier.

Etape 3 : « Identification des vulnérabilités » : Le particulier répond aux questionnaires tout en identifiant et évaluant les points de faiblesse de l'habitat, autrement dit, ses vulnérabilités.

Etape 4 : « Génération des recommandations » : Basées sur les points de faiblesse, des recommandations à prioriser sont définies.

Etape 5 : « Emission d'un rapport » : Le particulier est informé et sensibilisé sur les points de faiblesse et les recommandations associées à travers un rapport personnalisé.

Ce principe de fonctionnement du système fait appel aux fonctionnalités d'un outil permettant l'édition informatisé des questionnaires et des recommandations et ceci articulé de manière automatisée avec un outil géomatique.

### **4.3.3 Un éditeur de questionnaires : l'outil COGNITEO®**

La société PREVENTEO® conçoit, développe et commercialise une plateforme logicielle et des services dédiés à la conformité réglementaire et à la gestion des risques en Santé, Sécurité et Environnement (SSE). Cette Plateforme est composée de progiciels qui vont de la veille réglementaire, à l'audit des conformités réglementaires, à l'analyse des risques, en passant par l'édition automatique de rapports, le suivi des indicateurs de performance sous forme de tableaux de bord et la gestion de plans d'actions.

Sur la base d'un « corpus documentaire », le module COGNITEO® permet de formaliser des connaissances et d'éditer des questionnaires à partir d'une base de règles métier (figure 4-14).

A l'outil COGNITEO® vient se greffer des modules logiciels (ex : Conformiteo®, Reglementeo®, Documenteo®, Evaluteo®) dont les fonctionnalités sont clairement définies selon les besoins des utilisateurs. S'ensuit un gestionnaire de plans d'actions nommé Managementeo® qui permet de hiérarchiser les tâches et de produire des tableaux de bord. A ce jour l'ensemble de ces modules n'est pas utilisé dans notre outil d'autodiagnostic (perspectives éventuelles).

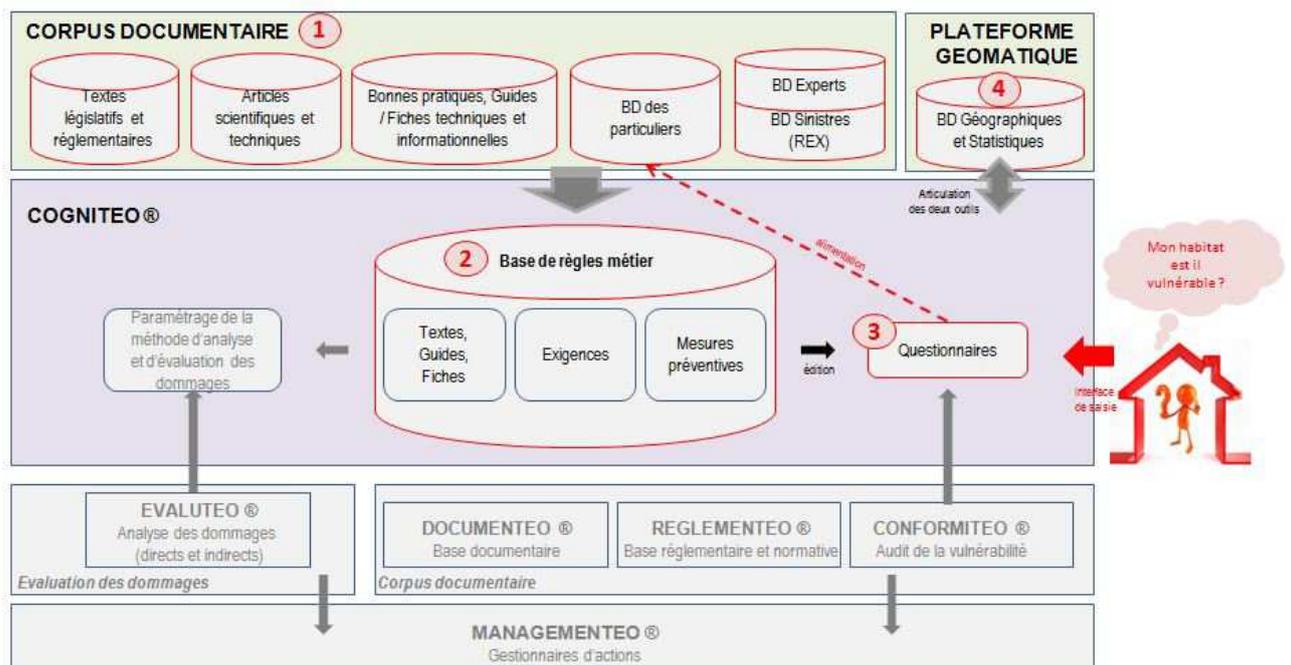


Figure 4-14 La plateforme PREVENTEO® : extrait du module "COGNITEO®" articulé avec une plateforme géomatique

L'outil COGNITEO® a l'avantage de proposer les fonctionnalités suivantes :

- Une formalisation des connaissances sur la base d'un « corpus documentaire »,
- Une compatibilité avec une plateforme géomatique,
- La réalisation de tableaux de bord par « entité » auditée.

L'outil donne la possibilité de croiser des informations objectives avec des informations subjectives.

#### 4.3.3.1 Le corpus documentaire

Les informations définies et recueillies dans le corpus documentaire (figure 4-14 – étape 1) renseignent les variables mises en évidence dans la première section de ce chapitre. Les recommandations relatives aux mesures de prévention proposées au sein de plans d'actions en aval de l'autodiagnostic sont justifiées sur la base d'un « corpus documentaire » rassemblant des connaissances scientifiques, techniques et réglementaires. Un travail de veille devra garantir l'efficacité du dispositif en particulier pour la base des textes législatifs et réglementaires.

Une base « bonnes pratiques » rassemble également l'information destinée à sensibiliser le « grand public » sous la forme de vidéos (ex : « Que faire en cas d'inondation ? », « Les

étapes de réalisation d'un batardeau », etc.), de guides et de fiches techniques et informationnelles (ex : « Réaliser soi-même un batardeau », etc.).

La base des particuliers est alimentée par les informations renseignées lors de l'auto-évaluation (a priori). La base de données sinistres est, à ce jour, une base expérimentale dont une analyse a été présentée dans le Chapitre 3. L'analyse des dossiers sinistres est une source essentielle pour conforter la connaissance des dommages à l'habitat. L'utilisation complémentaire de ces deux bases permet d'apprécier, au mieux, la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation.

Le recensement des articles et des guides scientifiques et techniques produits par des experts comme le CSTB sont venus enrichir cette connaissance. Plusieurs entretiens avec le CSTB et le CAUE<sup>72</sup> de Niort ont également été nécessaires afin d'enrichir les connaissances de l'objet d'étude évoquées dans le Chapitre 1.

L'apport de connaissances d'experts en assurance, constitutive de la base experts, est venu enrichir et consolider nos acquis en matière d'appréciation des vulnérabilités structurelle, matérielle et fonctionnelle. Un groupe de travail de deux experts a été constitué à cet effet. A l'image du « tableau de synthèse » réalisé par le CEPRI (section 4.2.2), le fruit de cet apport de connaissances a permis de réaliser un tableau « générique » comprenant, pour un certains nombres d'ouvrages majeurs (Annexe 1) :

- la nature des dommages potentiels ;
- la nature de l'endommagement potentiel ;
- des préconisations et des conseils en matière de prévention.

A partir de scénarios d'inondation hypothétiques définis à « dire d'experts », un aperçu de la probabilité d'endommagement de chaque ouvrage est également représentée par une pondération qualitative (0 : aucune, 1 : faible, 2 : moyen, 3 : fort) selon des seuils de hauteur d'eau (20 cm, 70 cm, 1,20 m) et de durée de submersion (½ journée, 2 à 3 j, plus de 3 j).

Dans le cas de la définition d'une typologie constructive de l'habitat individuel, le groupe de travail s'est également inspiré de la démarche mise en avant par des experts en construction lors d'une étude de la vulnérabilité de l'Habitat dans le Val de Loire [EPPLGN, 2004]. « Le bâtiment est considéré comme un assemblage particulier d'un certain nombre d'éléments ». Chaque construction est donc un assemblage différent chacun appelé « module ». Les réflexions nous ont amené à restreindre à six le type de construction de l'habitat individuel

---

<sup>72</sup> Le Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE) a pour mission de promouvoir la qualité de l'architecture et de son environnement au niveau local.

(figure 4-15). Les dommages aux biens et aux personnes peuvent être différents d'un type constructif à un autre.

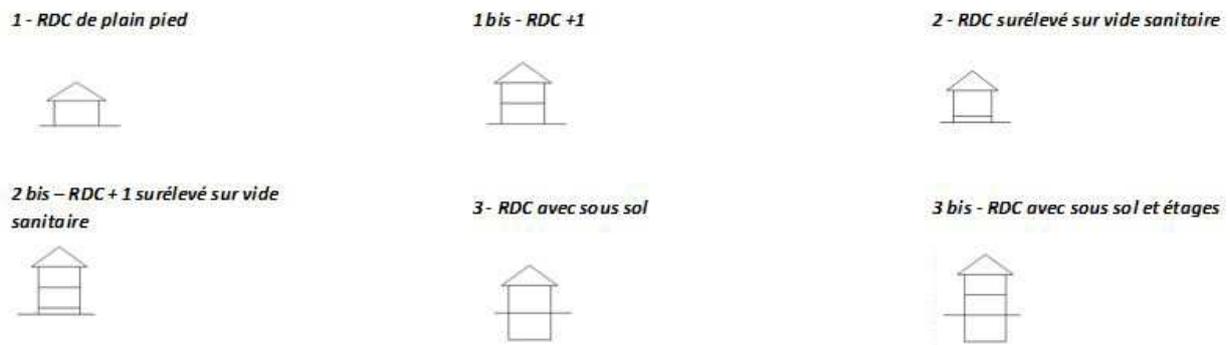


Figure 4-15 Représentation de six types constructifs de l'habitat individuel [EPPLGN, 2004]

D'après les résultats de l'analyse statistique des dossiers sinistres (voir Chapitre 3) et de l'analyse structurelle (section 4.1), le type constructif est un facteur de vulnérabilité à ne pas négliger. Il est admis que l'habitat de plain-pied est le plus vulnérable contrairement à l'habitat avec un étage où les personnes sont en mesure de se réfugier. D'autre part, la présence d'un sous-sol ou d'un vide sanitaire sont également susceptibles d'atténuer les dommages (sous certaines conditions). Cet état de fait n'est pas exhaustif en raison d'un certain nombre d'autres facteurs pouvant influencer les dommages aux biens et aux personnes.

Ce « corpus documentaire » est une base essentielle pour formaliser les connaissances de l'outil.

#### 4.3.3.2 La formalisation des connaissances

En référence aux travaux d'Hervé Fenneteau, la formalisation des connaissances (figure 4 – 14 - étape 2) passe par deux étapes préalables [FENNETEAU, 2007] : le choix des types de questions et la mise en forme des questionnaires.

##### 4.3.3.2.1 Choix des types de questions

Plusieurs types de questions sont à considérer dans la réalisation de nos questionnaires. Il s'agit de présenter quels sont les avantages et les inconvénients des questions ouvertes et fermées.

Les questions ouvertes collectent des faits et des opinions (ex : Que pensez vous de la politique de gestion du risque inondation menée au sein de votre commune ?). Leurs avantages et inconvénients sont présentés dans le tableau suivant (Table 4-10) :

<b>Questions ouvertes</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recueil d’opinion et de suggestions ;</li> <li>▪ Sentiment de prise de parole des enquêtés ;</li> <li>▪ Riche en info ;</li> <li>▪ Complément d’information qualitative aux réponses données lors de questions fermées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temps de réponse plus long ;</li> <li>▪ Exploitation des réponses difficile ;</li> <li>▪ Taux de réponses faibles pour les questionnaires auto-administrés.</li> </ul>

Table 4-10 Avantages et inconvénients des questions ouvertes d'après les travaux de Hervé Fenneteau [FENNETEAU, 2007]

Dans un souci de ne pas décourager les particuliers et d’optimiser l’exploitation des réponses, ces questions ouvertes ne sont pas à privilégier.

Les questions fermées collectent des faits précis. Elles sont de plusieurs types, par exemple :

- à choix binaire (ex : Quel est votre statut d’occupation ? Propriétaire ou Locataires),
- à choix multiples (ex : Quel équipement de chauffage avez-vous ? Chaudière, Cheminée, Poêle, etc.),
- à situer sur une échelle (ex : Situez la valeur de vos biens assurés : [0 à 1000 euros], [1001 à 5000 euros], etc.) ;

Leurs avantages et inconvénients sont présentés dans le tableau suivant (Table 4-11) :

<b>Questions fermées</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aisance et rapidité ;</li> <li>▪ Simplicité et fiabilité ;</li> <li>▪ Invite à la réflexion ;</li> <li>▪ Réponse directe et sincère ;</li> <li>▪ Exploitation statistique facilité ;</li> <li>▪ Résultats quantifiables et qualifiables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simplification réductrice ;</li> <li>▪ Réponses assistées ;</li> <li>▪ Absence d'indicateur de compréhension ;</li> <li>▪ Épuisement (lassitude) de l'enquête.</li> </ul>

Table 4-11 Avantages et inconvénients des questions fermées d'après les travaux de Hervé Fenneteau [FENNETEAU, 2007]

Dans un souci de fiabilité des réponses, de rapidité d'exécution et d'optimisation des traitements et des analyses, les questions fermées sont à privilégier. D'autre part, il est nécessaire de concentrer les efforts sur des questions simples, pertinentes et accompagnées d'indicateurs de compréhension (ex : type « aide »). Afin de ne pas décourager le particulier, il s'agit également de concevoir un questionnaire succinct mais dont les questions doivent être majeures.

#### 4.3.3.2.2 Agencement, structuration et mise en forme des questionnaires de l'autodiagnostic

L'objet d'un agencement et d'une structuration claire des questionnaires de l'autodiagnostic consiste à être en mesure de collecter méthodiquement l'information (figure 4-16). L'ensemble de cette structuration et de cet agencement se fonde sur les trois dimensions relatives aux critères majeurs mis en évidence dans la conclusion de l'analyse structurelle.

La structure du questionnaire de l'autodiagnostic est déclinée en trois étapes (figure 4-16 Structuration, agencement et mise en forme des questionnaires de l'autodiagnostic). Au préalable, le particulier se sera identifié ou inscrit et il aura également fait le choix d'un scénario de référence (réf. figure 4-13). Les étapes sont décrites ci-après :

Etape 1 : La caractérisation de l'habitat consiste à identifier l'enjeu, autrement dit, il s'agit de dresser une « fiche d'identité de l'habitat ». Les informations à renseigner sont à la fois des constantes (ex : nature de l'habitat) et des variables identifiées comme majeures (ex : type constructif). L'agencement de certaines variables, comme le « type d'habitat », à ce niveau

de l'autodiagnostic se justifie par le fait que cette dernière initialise, en partie, la suite des questionnaires (ex : « Assurer la sécurité des personnes »).

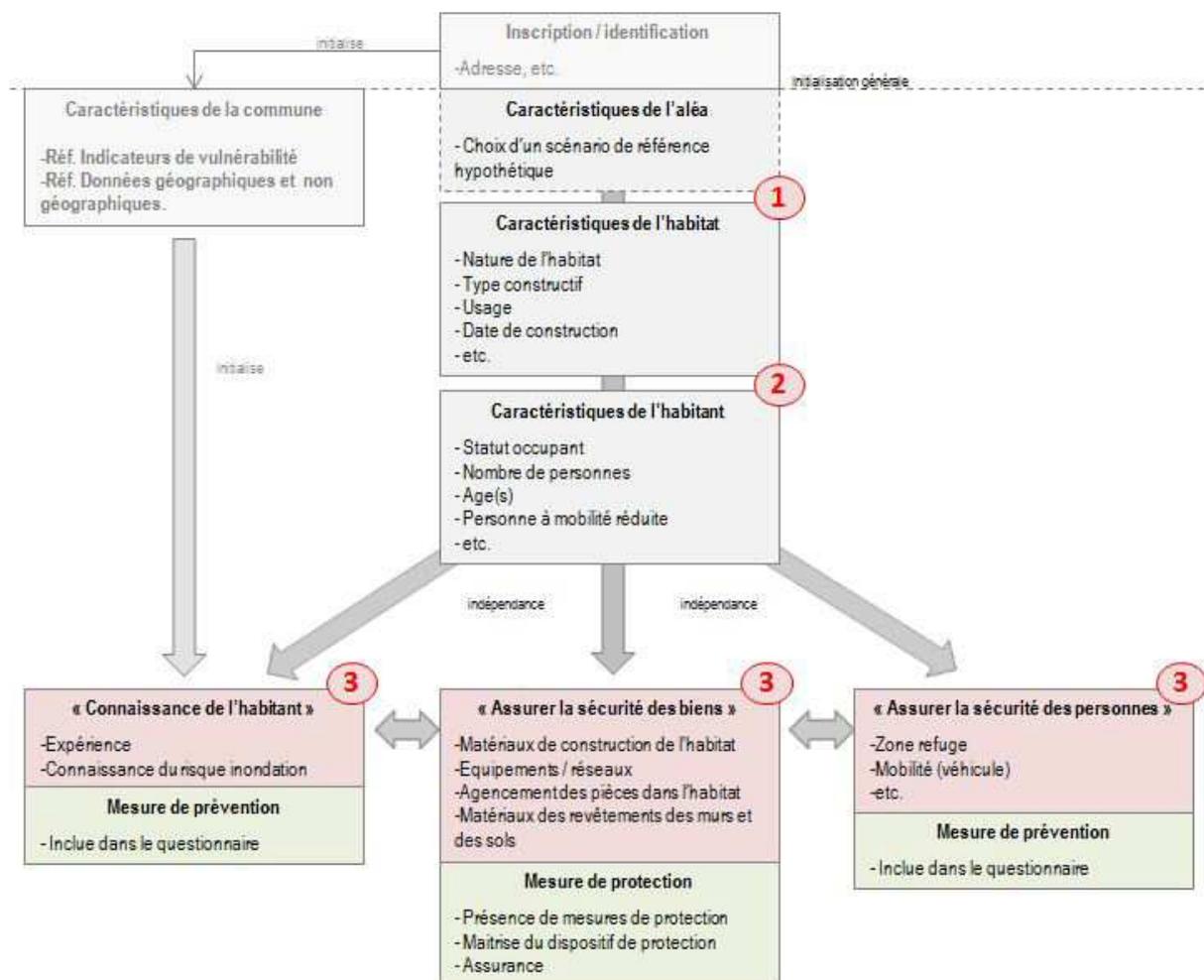


Figure 4-16 Structuration, agencement et mise en forme des questionnaires de l'autodiagnostic

Etape 2 : Tout comme l'étape 1, il s'agit de dresser une « fiche d'identité de l'habitant ». Certaines des variables renseignées initialisent également les questionnaires.

Etape 3 : A partir des facteurs et des critères majeurs mis en évidence lors de l'analyse structurelle, les questionnaires ont été organisés en trois thématiques distinctes et compréhensibles pour les particuliers. Le découpage de l'outil en trois parties indépendantes permet de ne pas alourdir le processus et laisse la possibilité au particulier de revenir pour continuer son autodiagnostic.

L'analyse structurelle a montré que le degré de « connaissance du risque inondation par les particuliers » est un critère essentiel à prendre en considération dans l'appréciation de la vulnérabilité de l'habitat.

Ce questionnaire comprend des questions relatives aux mesures de prévention existantes (ou non) au sein de l'habitat. L'évaluation de la connaissance du particulier mais également de ses capacités organisationnelles aideront à constituer un Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS) personnalisé qui sera greffé au rapport personnalisé. Un focus relatif à l'articulation et la mise en forme du questionnaire associé est effectué dans la suite de cette section.

En sachant que le PPRI conditionne l'information préventive, l'organisation des secours et évite la modulation de la franchise sur la commune, un questionnaire, associé aux recommandations spécifiques, a été réalisé selon chaque scénario possible (ex : scénario 1 : présence d'un PPRI, sans PCS, sans DICRIM).

L'analyse structurelle a mis en évidence l'intérêt d'évaluer les dommages matériels potentiels de l'habitat et ceci afin d' « assurer la sécurité des biens » des particuliers. Un questionnaire a été réalisé pour chaque type constructif de l'habitat (ex : Habitat de plain-pied, etc.). D'où la présence de certaines variables à renseigner lors de l'inscription.

Chaque questionnaire a pour objectif d'apprécier la vulnérabilité structurelle, matérielle et fonctionnelle de l'habitat. L'identification des dommages potentiels relatifs à ces vulnérabilités est réalisée à partir de questions relatives à la structure de l'habitat (ex : type constructifs, agencement des pièces, etc.), aux matériaux constitutifs de la structure puis à la localisation des équipements et des biens, à leur mobilité potentielles, etc.

Un autre questionnaire relatif aux mesures de protection (des biens) a été réalisé et vient se greffer au précédent. Il contient l'ensemble des questions relatives à la présence ou non de mesures de protection (ex : batardeau, etc.). La mise en œuvre de ces mesures étant un critère enjeu dépendant de la connaissance des particuliers et influençant l'atténuation des dommages potentiels, un questionnaire relatif à la maîtrise de l'équipement est décliné afin de tester la maîtrise du dispositif par le particulier mais également de lui procurer une aide à l' « autoformation » via les recommandations qui seront associées et contenues dans le rapport personnalisé.

L'analyse structurelle a également mis en évidence l'intérêt majeur d' « assurer la sécurité des personnes ». Pour ce faire, certaines variables relatives à la personne (ex : âge, mobilité, etc.) et à l'habitat (ex : avec étage ou sans étage) renseignées lors de l'inscription initialisent le questionnaire dédié. En fonction des variables renseignées, le PFMS personnalisé

s'alimentera également de recommandations appropriées à la situation du particulier et de l'habitat.

Chacune des trois thématiques constitutives de l'autodiagnostic contient un ou des questionnaires structurés en sous thématiques. Chacun d'entre eux se limite à une dizaine de questions. Ce nombre varie selon les réponses données aux questions.

L'articulation et la mise en forme de chacun des questionnaires ont été pensée d'une part en fonction du particulier et d'autre part en fonction de quelques critères qui influencent les critères majeurs et représentent les sous thématiques des questionnaires (ex : expérience influence la connaissance).

A titre d'exemple, la figure 4-17 présente l'articulation du questionnaire dédié à la connaissance du risque inondation par le particulier.

#### 4.3.3.2.3 Exemple d'articulation et de mise en forme du questionnaire sur la « connaissance du risque inondation par le particulier »

La connaissance du risque inondation par les particuliers dépend de l'expérience vécue de tout à chacun. Dans ces conditions, le questionnaire dédié se décline en deux étapes : l'expérience et la connaissance.

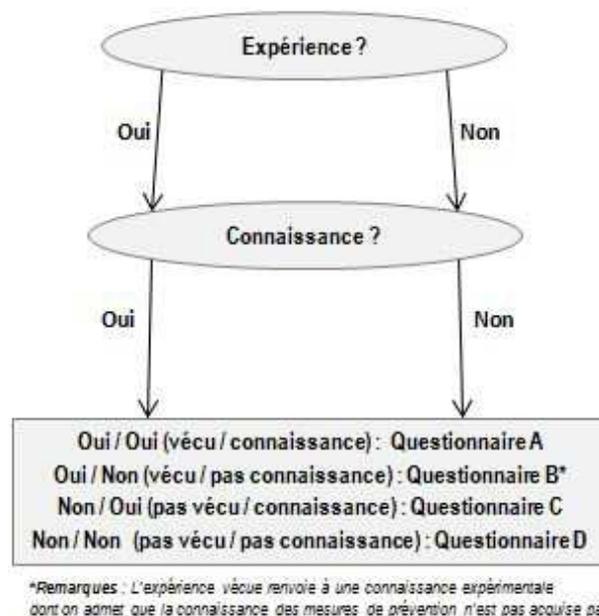


Figure 4-17 Articulation des questionnaires dédiés à la connaissance du risque inondation par le particulier

A titre d'exemple, un particulier qui entre dans le questionnaire de la connaissance du risque inondation en répondant « oui, j'ai déjà vécu une inondation » se voit proposer un ensemble de questions relatives à son expérience. A contrario, s'il répond « non », la question suivante concernera l'entrée dans le questionnaire de la connaissance. S'il répond « non » au questionnaire de la connaissance, un ensemble de recommandations seront générées en conséquence et le particulier sera invité à réaliser les deux autres questionnaires.

Une fois l'articulation et la mise en forme des questionnaires réalisées, il s'agit d'éditer ces questionnaires à partir de la base de règles métiers proposée par l'outil COGNITEO®.

#### 4.3.3.2.4 L'édition des questionnaires

Sur la base du « corpus documentaire », il s'agit de formaliser des connaissances à partir de la base de règles métier (figure 4-14, étape 2). Des « exigences » sont formulées sous forme de questions. Si ces « exigences » ne sont pas respectées, un écart est créé. Cet écart renvoie à une recommandation illustrée par un principe d'action. Cette recommandation est accompagnée d'une explication et est confortée par les mesures de prévention au sein de plans d'actions. Cette formalisation des connaissances est explicitée dans la table 4-12.

**Exemple 1 : (réf. Questionnaire « Connaissance du risque par le particulier » initialisé par la présence d'un PPRI sur la commune)**

**Texte législatif / réglementaire n° 1: Article L 125.2 du code de l'environnement** - La loi sur l'organisation des secours n° 87-565 du 22 juillet 1987 (Article 21) (renforcé par la loi Bachelot de juillet 2003) donne aux citoyens un droit d'information sur les risques qui les menacent : « Le citoyen a le droit à l'information sur les risques qu'il encourt en certains points du territoire et sur les mesures de sauvegarde pour s'en protéger ». (...)

**Exigence :** « Le citoyen a le droit à l'information sur les risques qu'il encourt en certains points du territoire et sur les mesures de sauvegarde pour s'en protéger »

**Formalisation de l'exigence sous forme de question :** Savez-vous si vous êtes en zone inondable ?

**Ecart :** Non

**Recommandation :** Aller au-devant de l'information mis à votre disposition en mairie

**Exemple 2 : (réf. Questionnaire « Assurer la sécurité des biens »)**

**Texte techniques n° 5 et n° 15** – « Rendre son habitat moins vulnérable en zone inondable - DRE Bretagne, Juin 2004. Guide pour les propriétaires », « Inondations - Guide de remise en état des bâtiments - MEDDTL, 2010 » et Tableau générique de la « Base experte ».

**Exigence :** « Le carrelage et le parquet flottant sont à privilégier »

**Formalisation de l'exigence sous forme de question :** De quels matériaux sont recouverts la majorité des sols de vos pièces au RDC ?

**Ecart :** Moquette

**Recommandation :** Privilégier le carrelage scellé.

Table 4-12 Exemples de formalisation des connaissances

Afin de restituer l'essentiel des recommandations, un rapport personnalisé est généré automatiquement à la suite d'un ou des questionnaire(s) réalisé(s).

#### 4.3.3.3 Le rapport personnalisé

Outre l'identification de l'habitat et de l'habitant avec ses coordonnées, le rapport liste l'ensemble des recommandations (ou exigences) associées aux écarts créés et informe également des moyens mis en place par la commune en matière d'information préventive, réglementaire et administrative. Ces recommandations seront agencées selon la structuration de chaque questionnaire.

Au regard de l'ensemble des scénarios de questionnaires et des réponses possibles, une pondération des critères est en cours d'ajustement avec les experts en assurance. A l'image de la méthode de diagnostic développée pour les ERP, l'objectif est de quantifier les vulnérabilités afin d'établir une discrétisation pour chacune d'entre elles et par conséquent d'affiner les priorités en matière de recommandations.

Le rapport personnalisé contient l'ensemble des recommandations qui a été généré lors de l'identification des vulnérabilités.

Certaines de ces recommandations auront pour effets d'extraire des fiches techniques et informationnelles du corpus documentaire. Ces fiches seront greffées au rapport afin de donner plus de précision au particulier. A titre d'exemple, si le particulier n'a pas de mesures de protection existante, la fiche « Réaliser soi-même un batardeau » informera ce dernier des conditions d'utilisation du dispositif, des étapes et des outils nécessaires pour le réaliser.

Les réponses apportées aux questionnaires permettent également d'alimenter un Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS) personnalisé. Ce plan liste l'ensemble des étapes nécessaires pour anticiper l'évènement et s'organiser avant, pendant et après l'inondation.

Dans l'éventualité, le PFMS constitue une pièce justificative auprès des collectivités dans la mesure où il atteste de la prise de connaissance du risque inondation par les particuliers et renforce ainsi la politique locale de gestion du risque en matière d'information préventive et d'organisation des secours. Le PFMS est en quelques sortes une continuité du Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

Ces fiches sont en cours de réalisation avec les experts en assurance. Elles ont pour objectif d'être simples, synthétiques et pédagogiques. Elles avertissent également les particuliers que certaines mesures recommandées sont de bons sens. Libre à chacun de les mettre en pratique.

Au regard des objectifs et des limites énoncées dans la section 4.3.1, la démarche méthodologique de l'autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat aux inondations a été réalisée à l'aide des fonctionnalités proposées par l'outil COGNITEO®. La formalisation des connaissances sur la base de règles métiers a permis de constituer un ensemble de questionnaires et de recommandations satisfaisants les besoins (non exprimés) par les particuliers. Or, l'initialisation de l'autodiagnostic mobilise des données géographiques et non géographiques nécessaires pour renseigner les facteurs et indicateurs relatifs à la politique de gestion du risque à l'échelle de la commune. Ce procédé doit faire appel aux fonctionnalités d'une plateforme géomatique (figure 4-14, étape 4).

#### **4.4 Un outil informatisé articulé avec une plateforme géomatique**

Cette section s'attache à faire état des données géographiques et non géographiques nécessaires pour satisfaire la démarche méthodologique présentée dans la section précédente. Les résultats de l'analyse structurelle ont mis en évidence un certains nombres de facteurs « extrinsèques » relatifs à la politique de gestion du risque inondation à l'échelle de la commune. Ces facteurs sont renseignés par des indicateurs qu'il s'agit de mobiliser pour satisfaire les objectifs de la méthode.

La première partie de cette section fait état de l'ensemble des données géographiques et statistiques susceptibles de satisfaire les besoins de la méthode de l'outil. La mise à disposition et les limites d'utilisation des données sont brièvement abordées.

La deuxième partie est consacrée à démontrer la nécessité d'articuler l'outil COGNITEO® avec une plateforme géomatique. Cette partie fait état des fonctionnalités nécessaires et renvoie à la présentation de deux plateformes géomatiques à considérer dans notre démarche (ex : MRN, IGN).

Enfin, la troisième partie illustre brièvement les étapes de l'autodiagnostic. Il s'agit de présenter une interface pédagogique avec des fonctionnalités permettant de susciter l'intérêt des particuliers.

##### **4.4.1 Etat des données géographiques et statistiques à mobiliser pour satisfaire les besoins de la méthode d'autodiagnostic**

L'exposition de l'habitat des particuliers en zone inondable et/ou réglementaire doit faire appel aux fonctionnalités d'un Système d'Information Géographique (SIG) afin de croiser des données enjeux (adresse habitat) avec des données sur l'aléa (zone inondable). Il existe un

ensemble de bases de données dont la précision est soit à l'adresse postale, soit infra-communale ou communale.

Au-delà de renseigner l'exposition de l'habitat, qui est un critère essentiel pour caractériser la vulnérabilité de notre enjeu d'étude, il s'agit également de renseigner les facteurs « extrinsèques »<sup>73</sup> associés à des indicateurs de vulnérabilité relatifs à la politique de gestion du risque sur le territoire de la commune (Table 4-13).

<b>Intitulé du facteur</b>	<b>Indicateurs associés</b>
<b>Réglementation de l'occupation du sol</b>	PPRI*, PSS, PER (*annexé au PLU)
<b>Information, Sensibilisation, Education préparation des populations</b>	DICRIM, AZI, Repères de crue, IAL
<b>Sinistralité, récurrence des évènements sur la commune</b>	Arrêté CatNat
<b>Planification de la gestion de crise - Organisation des secours</b>	PCS

Table 4-13 Facteurs « extrinsèques » majeurs à l'échelle de la commune, extrait du tableau sur les facteurs « extrinsèques »

Nous avons pris le parti d'ajouter le facteur relatif à la planification de la gestion de crise dans la mesure où, même s'il n'est pas ressorti comme majeur lors de l'analyse structurelle, l'information sur la présence d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) sur la commune est nécessaire. Ce dernier implique de facto la réalisation d'opérations d'information du public (plaquette, réunions publiques, etc).

Afin de satisfaire l'ensemble de ces besoins, un état des données et de leur mise à disposition est réalisé (Table 4-14).

L'information préventive, réglementaire et administrative présente ou non sur la commune est renseignée par la BD GASPARE. Cette base est mise à disposition gratuitement par les services de l'Etat. Elle possède néanmoins certaines limites notamment de ne pas rassembler la totalité des informations relatives à la présence ou non de documents réglementaires et informatifs sur les communes. Cette limite nous amène à élargir les scénarios possibles sur la commune et

---

<sup>73</sup> Ces facteurs ont été détaillés au paragraphe 3.3.2.1.1 à la table 3-13.

par conséquent le nombre de questionnaires relatifs à la connaissance du risque inondation par le particulier.

<b>RAPPEL DES FACTEURS</b>	<b>TYPE DE DONNEES</b>	<b>NATURE</b>	<b>BD/SOURCE/INFORMATION</b>
<b>Information préventive, réglementation et administrative</b>	Données métiers	Non géographique	BD GASPAR - MEDDTL. Procédures administratives, information préventive et à portée réglementaire
<b>Exposition</b>	Données de contexte	Géographique	Téléatlas (Google) ou Navteq (Cartosphère)
	Données d'intérêt général	Géographique	BD Topo (RGE). IGN. Topographie
			BD parcellaire (RGE). IGN. Parcelle
			BD Adresse (RGE). IGN. Adresse
<b>Information préventive (cartographie des zones inondables)</b>	Référentiels métiers	Géographique	AZI – MEDDTL – Zones inondables

Table 4-14 Recensement des données géographiques et non géographiques, extrait de [CHEMITTE, 2008]

L'exposition de l'habitat est conditionnée par l'utilisation de données contexte provenant de sociétés privées (ex : Navteq) et / ou de données d'intérêt général issues de l'IGN.

La BD TOPO (Base de Données Topographiques) est produite par l'IGN. Elle contient une description vectorielle en trois dimensions des éléments du paysage. Elle est utilisable aux échelles allant du 1 / 5000<sup>e</sup> au 1 / 50 000<sup>e</sup>. De précision métrique (de 0,75m à 3m en général), elle permet de fournir l'altitude des objets et notamment la hauteur des bâtiments. Plusieurs thèmes la composent (réseau routier, hydrographique, les bâtiments, l'occupation des sols, etc). Cette base de données offre une information de référence permettant d'analyser, de situer et de représenter tout type de données dans son contexte. Le coût exorbitant de cette base de données limite sa diffusion et son emploi.

La BD adresse est utile pour un repérage à la rue mais à l'adresse, elle connaît des limites de précision. Soit les points sont repartis régulièrement le long des rues (i.e. on prend la longueur de la rue, on divise par le nombre d'adresses et on repartit l'ensemble tous les x mètres. Or chaque parcelle a une taille différente) soit les points sont superposés ou inexistantes.

L'idéal serait une précision au cadastre. La BD parcellaire, est la plus précise, elle fournit une information à la parcelle.

L'ensemble de ces données est soumis à un coût d'acquisition. Néanmoins la Directive INSPIRE<sup>74</sup> qui vise à faciliter et à accélérer la mise à disposition d'informations publiques auprès des citoyens prévoit, d'ici 2012, la gratuité du Référentiel géographique à Grande Echelle (RGE). Ce dernier rassemble la BD Topo, la BD adresse et la BD parcellaire. Dans ce cadre l'IGN a créé un « Géoportail des territoires et des citoyens »<sup>75</sup>.

Les zonages des Atlas Zones Inondables (AZI) sont mis à disposition par le MEDDTL sur le site Cartorisque<sup>76</sup>. Compte tenu de l'imprécision<sup>77</sup> de certaines de ces données (incompatibilité d'échelle), le transfert d'échelle entre les données aléa et enjeux pose des contraintes d'analyse.

L'état des données géographiques et non géographiques à mobiliser pour satisfaire les besoins de la méthode d'autodiagnostic démontre la nécessité d'articuler l'outil COGNITEO® avec une plateforme géomatique rassemblant un ensemble de données relatives à la géolocalisation de l'habitat en zone inondable et ou réglementaire.

Deux plateformes géomatiques sont à considérer. L'une est celle de l'Institut Géographique National (IGN), l'autre de la Mission Risques Naturels (MRN).

La plateforme de la MRN présentée dans le Chapitre 2 détient, constitue et met à jour les données suivantes :

- Un assemblage national de données départementales issues de Cartorisque, à savoir les zonages d'AZI et de PPRI,

---

<sup>74</sup> La Directive INSPIRE 2007/2/CE du Parlement européen et du Conseil du 14 mars 2007 prévoit une infrastructure d'information géographique dans la Communauté Européenne.

<sup>75</sup> Le lecteur intéressé peut consulter le lien du géoportail à l'adresse suivante : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr)

<sup>76</sup> Portail cartographique MEDDTL sur les zonages d'aléas

<sup>77</sup> Cette imprécision a été abordée au chapitre 2, paragraphe 2.1.2.1.

- Des fichiers nationaux de données et traitements issus de GASPAR, tels que par exemple le nombre d'arrêtés CatNat, etc.

Le géoportail de la MRN met à disposition de la profession de l'assurance un ensemble d'information sur l'exposition du risque.

La partie suivante s'attache à justifier l'utilisation des données mises en évidence dans le processus d'initialisation de l'autodiagnostic.

#### **4.4.2 Processus d'initialisation de l'autoévaluation : appel aux fonctionnalités d'un outil géomatique**

Parmi les informations renseignées par le particulier lors de l'identification ou de l'inscription à l'outil, l'adresse postale a pour effets d'une part, de renseigner, via la BD GASPAR, l'information préventive, réglementaire et administrative présente ou non sur la commune et d'autre part, elle permet également de géo-localiser le particulier en zone inondable et / ou en zone réglementaire via des bases de données géographiques. Ci-dessous, nous avons énuméré les besoins, les actions et les hypothèses possibles pour initialiser l'outil et extraire les questionnaires.

L'adresse postale renseignée, au préalable, lors de l'inscription permet de lancer la phase d'initialisation de l'autodiagnostic (Table 4-15). La figure 4-18 illustre ce processus.

<p><b>Besoin 1 - Collecter les données relatives aux indicateurs de vulnérabilité à l'échelle de la commune (en back office) :</b></p> <p><b>-Action 1 :</b> Le code postal et le nom de la commune renvoient à la base de données GASPAR.</p> <p><b>-Action 2 :</b> Extraction des informations suivantes : présence ou non d'un PPRI, AZI, DICRIM, Nombres d'arrêtés CatNat.</p> <p><b>-Action 3 :</b> Stockage de ces informations « en mémoire »</p> <p><b>-Action 4 :</b> Initialisation /extraction des questionnaires et renvoi de ces informations dans les recommandations associées</p> <p><b>Besoin 2 - Géolocaliser le particulier (en back office) :</b></p> <p><b>-Hypothèse 1 : Adresse en zone inondable et / ou zone réglementaire</b></p> <p><b>Action :</b> « Vous êtes en zone inondable (...) » - Autorisation de continuer. Envoie vers la page d'accueil de l'autodiagnostic.</p> <p><b>-Hypothèse 2 : Adresse hors zone inondable et / ou zone réglementaire</b></p> <p><b>Action :</b> « Vous n'êtes pas en zone inondable (...) ».</p> <p><b>Hypothèse 3 : Pas de zone inondable définie sur la commune ni de zone réglementaire</b></p> <p><b>Action :</b> « Vous n'êtes pas en zone inondable (...) ».</p>
--

Table 4-15 Phase d'initialisation de l'autodiagnostic

Les bases de données existantes constituent les informations nécessaires d'une part, pour géolocaliser l'habitat en zone inondable et / ou réglementaire et d'autre part pour renseigner les indicateurs mis en évidence à l'échelle de la commune. Ces derniers concernent l'information administrative (ex : arrêtés CatNat), l'information préventive (ex : AZI, DICRIM, IAL, etc.) et l'information réglementaire (ex : PPRI) à partir desquelles l'autodiagnostic sera, en partie initialisé.

Peu importe le support de diffusion (ex : site internet), il est considéré comme une interface entre les utilisateurs et un centre de recueil d'informations et de données. Il doit être ludique et attrayant afin de ne pas alourdir la démarche d'évaluation. Afin de satisfaire pleinement les objectifs énoncés dans la section (4.3.2) auprès des particuliers, l'application de cet outil a été complétée de la réalisation d'une interface pédagogique afin de sensibiliser et de susciter l'intérêt des particuliers. Ce travail fait appel aux compétences de développeurs spécialisés dans les technologies de types Webdesign dont les croquis présentés dans la section suivante illustre les étapes de l'autodiagnostic.

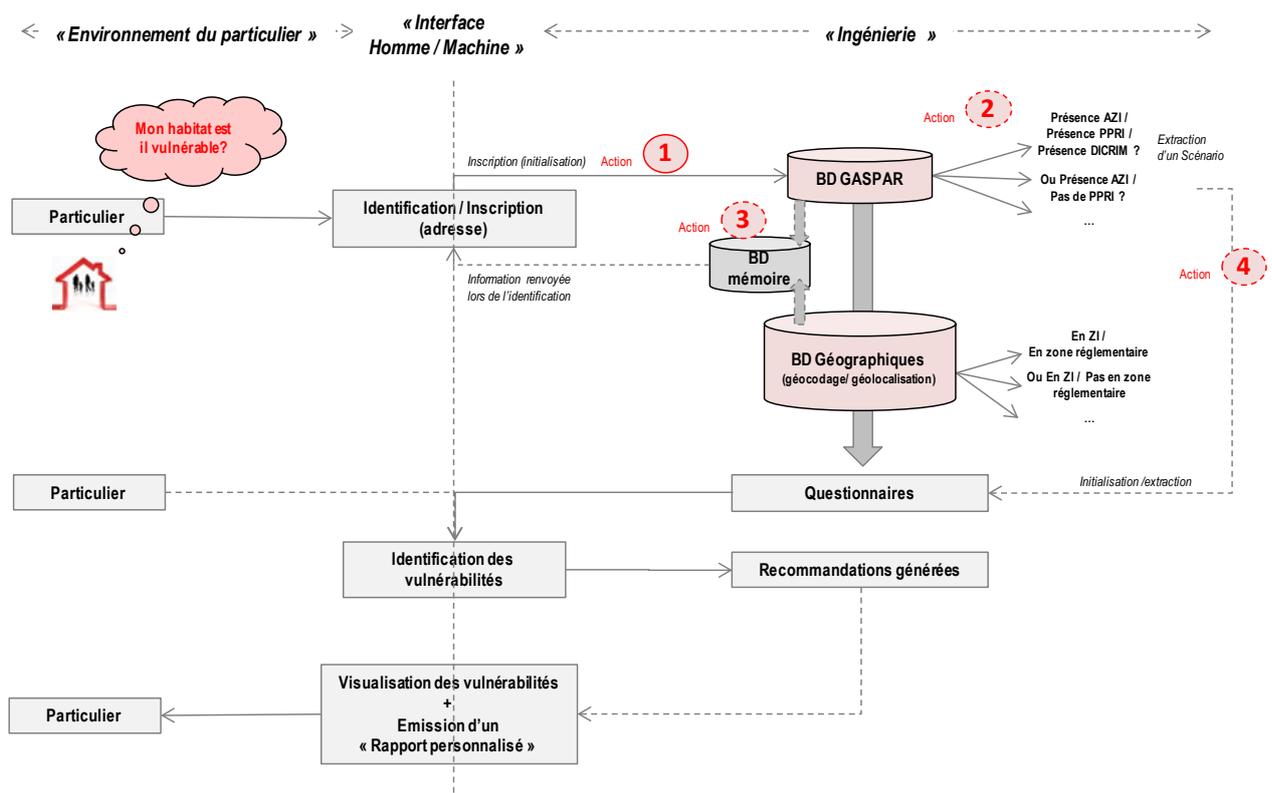


Figure 4-18 Illustration de la phase d'initialisation de l'autodiagnostic

### **4.4.3 Illustration de l'autodiagnostic sur un support informatisé**

Cette partie consiste à illustrer des étapes de l'autodiagnostic sur un support informatisé.

#### 4.4.3.1 Illustration de l'initialisation de l'autodiagnostic (Inscription / identification) :

La figure 4-19 illustre les informations à renseigner par le particulier (ex : adresse) pour initialiser et sélectionner les questionnaires relatifs à la connaissance du risque inondation, à la sécurité des biens et à la sécurité des personnes. Ces informations caractérisent notre enjeu d'étude. Une partie des informations renseignées dans cette fiche alimenteront également un PFMS personnalisé.

L'usage des informations relatives à la géolocalisation et aux individus doit faire l'objet d'un dossier auprès de la CNIL<sup>78</sup>.

---

<sup>78</sup> CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, Loi n°78-17 du 6 Janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés modifiée en 2004.

L'inscription est nécessaire pour réaliser l'auto-diagnostic.

## Inscription

Nom d'utilisateur	biabia
Mot de passe	
Adresse e-mail	
Prénom	
Nom de famille	
Adresse	
Code postal	
Ville	
Téléphone	

Quelle est la nature de votre habitat ?

- Maison individuelle
- Maison de ville
- Appartement à l'étage
- Appartement au RDC

Quel est le type de votre habitat ?

- Rez-de-chaussée + étage(s) + vide sanitaire
- Rez-de-chaussée + étage(s)
- Rez-de-chaussée + étage(s) + sous-sol
- Rez-de-chaussée + vide sanitaire
- Rez-de-chaussée de plein pied
- Rez-de-chaussée sur sous-sol
- Résidence principale
- Résidence secondaire

Quelle est l'usage de votre habitat ?

Précisez la date

Êtes-vous ?

- Propriétaire
- Locataire
- Propriétaire bailleur

Combien de personnes composent votre famille ?

Précisez le nombre

Précisez l'âge des personnes qui composent votre famille

A remplir par personne

- Moins de 6 ans
- Plus de 60 ans

Y-a-t-il une personne à mobilité réduite dans votre famille ?

- Oui
- Non

Valider

Figure 4-19 Extrait de la fiche d'inscription

A l'issu de cette inscription, le particulier a le choix entre trois questionnaires précédemment cités.

#### 4.4.3.2 Extrait du questionnaire « Assurer la sécurité de vos biens »

La Figure 4-20 est un extrait du « questionnaire prototype » relatif à la sécurité des biens. Fondé sur le « corpus documentaire » à partir duquel sont formalisées les connaissances, les « exigences » ont été formulées sous forme de questions. Si ces « exigences » ne sont pas respectées, un écart est créé. Cet écart renvoie au risque encouru et à une recommandation associée et illustrée par un principe d'action.

The screenshot shows a web-based questionnaire interface. At the top, there is a header with the logo 'Colyxis' and a 'se déconnecter' link. Below the header, the title of the questionnaire is 'F4 - Thématique "Degré de VULNÉRABILITÉ de l'Habitat - RDC sur sous-sol" TYPE4'. There is a 'Quitter' button and a progress bar labeled 'Etat d'avancement' with a 'Cacher la barre d'avancement' option. The progress bar shows 16 steps, with steps 1 through 16 highlighted in blue. The main content area displays three questions, each with an 'Aide' button, a 'Réponses' column, and a 'Risques associés' column.

Question	Aide	Réponses	Risques associés
1 De quel matériau se compose la structure de l'habitat ?		<input type="radio"/> Maçonnerie, parpaing, béton, brique (Type pavillonnaire) <input checked="" type="radio"/> Pierre de taille ou moellon (Type maison ancienne) <input type="radio"/> Ossature métallique et béton (Type maison PH&ND) <input type="radio"/> Ossature Bois non massif plus isolation	Dégradation de la couleur de l'enduit (dépigmentation) lié à l'eau. Salissure indélébiles. Accentuation des fissures des murs.
2 Comment est isolé votre habitat ?		<input checked="" type="radio"/> Panneau isolant complexe (panneaux collés aux murs de la structure) (cf. photo) <input type="radio"/> Contre cloison maçonnée (ex : mur isolant/carreaux ou brique) (Cf. photo) <input type="radio"/> Ne sais pas	Dommmages potentiels faibles. La réintégration du logement est relative au temps des travaux à effectuer.
4 De quels matériaux sont constitués vos contre cloisons et cloisons de distribution (entre les pièces) ?		<input checked="" type="radio"/> Maçonnerie en terre cuite (brique) et enduit plâtre <input type="radio"/> Placoplâtre (ou alvéolaire) <input type="radio"/> Carreaux de plâtre <input type="radio"/> Ne sais pas.	Les dommmages potentiels aux cloisons de distribution sont faibles. Bonne résistance à l'eau.

Figure 4-20 Extrait du questionnaire « Assurer la sécurité de vos biens »

A l'issu d'un ou des questionnaire(s), le particulier est en mesure d'identifier et de visualiser les « points vulnérables » de son habitat, autrement dit les dommages potentiels.

#### 4.4.3.3 Identification et visualisation des dommages potentiels et des recommandations associées

La figure 4-21 illustre l'ensemble des points relatifs aux écarts créés lors des réponses aux questions relatives au questionnaire « Assurer la sécurité des personnes ».

- (1) Le point 1 illustre l'échelle de vulnérabilité (ici humaine et organisationnelle). Un « score » (en %) apparaît sous la forme d'un curseur. Il permet d'informer le particulier sur le degré de vulnérabilité de sa famille. Cette notation est issue d'une pondération des critères liés à la vulnérabilité humaine et organisationnelle.
- (2) Le particulier a la possibilité de survoler (2) chacun des « points vulnérables » i.e. les dommages potentiels susceptibles de mettre en péril la sécurité de la famille. Ces points représentent les écarts créés lors des réponses données aux questions.
- (3) Chacun des points est illustré d'une recommandation et d'une action (3) illustrées d'une photo des dommages potentiels, des mesures de sécurité à mettre en place ou de vidéos.
- (4) L'ensemble des recommandations est mis à disposition du particulier sous la forme d'un rapport personnalisé à télécharger. Des fiches techniques et informationnelles sont également mises à disposition.

Qui sommes-nous ? | Contact | Lexique | Mentions légales

Collyxix

La sécurité de vos biens

Testez votre connaissance

Bienvenue Mr. Blabla

La sécurité de votre famille

Votre rapport

Fiches de prévention

100 %

75 %

Votre score **60**

1

50 %

25 %

Echelle de vulnérabilité

1

2

3

4

Le rapport personnalisé et fiches informatives (ex : batardeau) mis à disposition

« Points vulnérables »

1

2

3

1 - Pas d'ouverture sur le toit : votre sécurité est menacée.  
Conseil : renseignez-vous auprès d'un professionnel ou en mairie s'il est possible de créer une ouverture. Ref. Règlementation (ex. PLU, permis...)

Le survol de chaque numéro fait apparaître la recommandation dans l'encadré

La recommandation est associée à des photos, des vidéos, etc.

Quitter

Figure 4-21 Visualisation et identification des dommages et des recommandations associées à la sécurité des personnes

#### 4.4.3.4 Notation des vulnérabilités

La figure 4-22 représente le « podium des vulnérabilités », elle illustre la discrétisation de la vulnérabilité globale de l'habitat du particulier selon un code couleur. A chacune des marches du podium est associé un rapport personnalisé

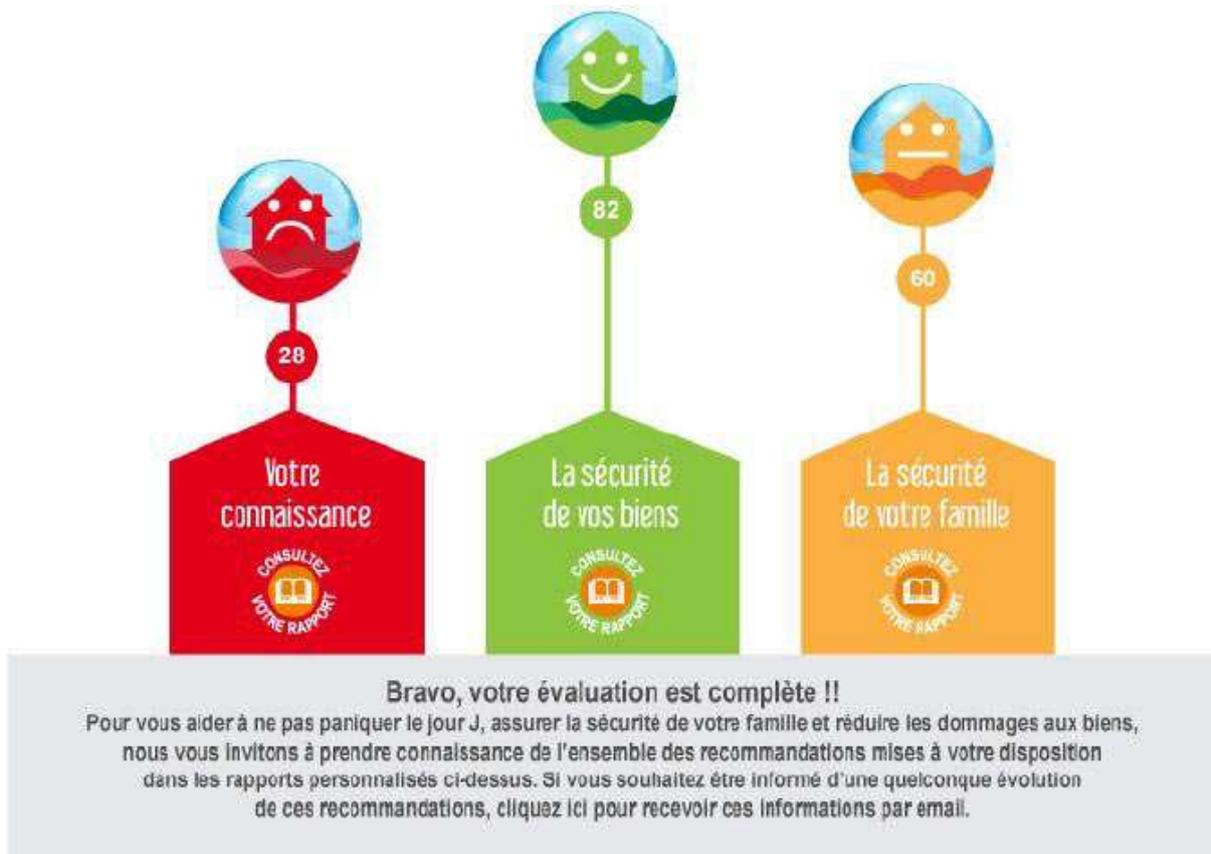


Figure 4-22 Le « podium » des vulnérabilités de l'habitat individuel face à l'inondation

Cette section a mis en évidence la nécessité d'articuler l'outil d'autodiagnostic avec une plateforme géomatique. Après avoir présenté l'outil informatisé dont l'interface pédagogique et les fonctionnalités sont susceptibles de susciter l'intérêt des particuliers, la section suivante s'intéresse plus particulièrement aux apports potentiels d'un tel instrument à la gestion du risque d'inondation

## **4.5 Apports potentiels de la méthode d'autodiagnostic pour le particulier, les collectivités locales et la profession de l'assurance**

Cette section s'attache à mettre en avant les apports potentiels de l'outil d'autodiagnostic pouvant justifier sa prise en charge et son usage par le particulier, les collectivités locales, la profession de l'assurance et les professionnels du bâtiment et de l'immobilier tout en précisant certaines limites à son appropriation.

### **4.5.1 Bénéfices et limites d'appropriation de l'autodiagnostic pour le particulier**

L'outil proposé n'a pas vocation d'être normatif. A l'image des « Serious Game », il a l'avantage d'être un outil pédagogique. L'initialisation du questionnaire par les informations relatives à l'adresse, les caractéristiques de l'habitat, de la famille et de l'aléa permet de personnaliser le diagnostic. Tout un chacun se « place en situation » d'évaluer les dommages de son habitat face à l'inondation. Le particulier est alors en mesure de tirer les enseignements nécessaires - information, sensibilisation - et de mettre en application les recommandations - auto-formation, conseils - sur tout ou partie des mesures conduisant à réduire les dommages potentiels de son habitat individuel.

L'ensemble « habitat, risques encourus et recommandations » aide le particulier à prendre conscience de la potentialité de l'événement mais surtout de ses conséquences. Dans cet objectif, l'outil permet :

- Une évaluation individualisée et une identification de dommages potentiels,
- La mise à disposition de recommandations,
- L'émission d'un rapport personnalisé intégrant les deux points précédents,
- L'annexion de guides et fiches techniques d'information et d'auto-formation,
- La création d'une Fiche « Plan Familial de Mise en Sureté » (PFMS), renseignée d'une façon transparente par le particulier tout au long de l'autodiagnostic (voir Chapitre 2),
- La mise en œuvre d'un processus d'amélioration continue à moindre coût.

L'outil contribue également à informer et sensibiliser le particulier sur :

- le statut de la politique locale par la présence ou non d'un PPRI ou d'un DICRIM,
- les conditions générales de l'assurance en la matière.

Libre alors à chacun de suivre ces recommandations. L'autodiagnostic se propose d'être une alternative aux lacunes éventuelles de la politique locale de gestion du risque. Il permet avant tout de sensibiliser sur l'organisation à avoir de manière à être en mesure d'assurer sa sécurité, celle de sa famille et celle de ses biens.

En l'absence d'une contrainte d'obligation, ou de dispositifs incitatifs, rares sont les particuliers qui s'engagent dans l'« automédication ». Conditionné par le système d'indemnisation CatNat et une méconnaissance de la récurrence des événements, le particulier se déresponsabilise et se positionne en « attentiste » vis-à-vis des collectivités réputées en charge de réaliser des mesures structurelles [CEPRI, 2009]. L'appropriation de l'outil par le particulier peut également rencontrer des contraintes inhérentes à l'outil ou aux caractéristiques de l'aléa telles que :

- L'incertitude de la « rentabilité » économique et organisationnelle des mesures à mettre en place,
- L'incertitude de l'évaluation induite par le manque de précision sur les caractéristiques de l'aléa (ex : hauteur d'eau hypothétique),
- Le caractère déclaratif de l'outil.

L'avantage de l'outil informatisé peut également en faire son inconvénient pour les personnes n'accédant pas à internet ceci dans l'hypothèse d'une diffusion et un accès via internet.

#### **4.5.2 Apports pour une meilleure gestion du risque inondation par les collectivités locales**

##### 4.5.2.1 Pour une meilleure connaissance du risque par les collectivités locales...

Le déploiement de l'autodiagnostic sur une commune soumise au risque inondation constitue une finalité importante susceptible d'apporter de nouvelles informations pour une meilleure compréhension de la vulnérabilité d'un territoire. Par similitude aux diagnostics de vulnérabilité existants au sein des syndicats de bassins versants, la démarche de l'autodiagnostic se décompose selon les quatre étapes suivantes :

- (1) « (Géo) Localiser les particuliers en zone inondable »,
- (2) « Identifier les vulnérabilités de chaque habitat »,
- (3) « Analyser et discrétiser le territoire selon les degrés de vulnérabilités identifiés »,
- (4) « Définir des actions ciblées auprès du ou des particuliers ».

Ceci en tenant compte de l'information préventive (ex : DICRIM), réglementaire (ex : PPRI) et administrative (ex : arrêtés CatNat) présente ou non sur la commune.

La première étape doit faire appel aux fonctionnalités d'un Système d'Information Géographique (SIG). Une fois les habitats ciblés<sup>79</sup>, il s'agit ensuite d'inciter les habitants à réaliser l'autodiagnostic afin d'identifier les vulnérabilités de chaque habitat et de dégager un « profil de vulnérabilité ». La dernière étape consiste à rassembler, comparer et analyser l'ensemble des profils selon un ou plusieurs critères (ex: connaissance du risque inondation) afin de dresser une discrétisation territoriale et de cibler les territoires où des actions à définir sont prioritaires.

L'ensemble des limites ayant trait à l'utilisation de l'outil par le particulier est transféré à l'échelle de la collectivité locale.

#### 4.5.2.2 ...contribuant à une meilleure prise en charge du risque par les particuliers et les collectivités

Lors de l'autodiagnostic, le particulier, en réponse aux questions qui lui sont posées, renseigne les informations constituant « son » Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS). Cette démarche s'inscrit dans la continuité du Plan Orsec et du Plan Communal de Sauvegarde (PCS). Au-delà d'assurer une meilleure organisation et un « comportement adapté » le jour venu, le PFMS permet d'optimiser la sécurité de la famille en attendant l'arrivée des secours, d'atténuer les perturbations des « fonctions vitales » de l'habitat ceci afin de réduire l'impact potentiel. Le PFMS peut être assimilé à un « Plan de Continuité des Activités » à domicile.

Le dispositif se présente alors comme un outil pouvant initier des études de faisabilité à engager par les collectivités pour prévoir des actions de prévention en matière d'habitat, d'équipements, d'aménagements, de campagnes de d'information et de sensibilisation auprès du grand public. L'outil d'autodiagnostic s'apparente à un outil d'aide à la prise de décisions répondant avec ses limites aux besoins des communes et des EPTB.

---

<sup>79</sup> Lorsqu'une commune est soumise au risque d'inondation et que les documents réglementaires tels que les PPR sont établis, alors les particuliers sont déjà ciblés et cartographiés au travers de ces même documents. Notre outil, quant à lui, vient donner une précision à l'échelle de l'habitat.

### **4.5.3 Apport pour un renforcement de l'incitation à la prévention par la profession de l'assurance**

#### 4.5.3.1 Pour une meilleure sensibilisation des sociétaires sur les conditions d'assurances

La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 a créé une obligation légale d'assurance des catastrophes naturelles pour chaque contrat d'assurance « Multirisques Habitation » (MRH). Ce système d'indemnisation CatNat, régie par l'Etat, impose aux assurés d'être solidaires entre eux par une « surprime » dont le taux est de 12% sur le bâti depuis Mars 2009 (contre 8% en 2008).

Contrairement, à certains de nos voisins européens, la prime n'est pas fixée en fonction de l'exposition au risque. Les assurés sont redevables d'une franchise fixée par l'Etat dont le montant est de 380 euros. Cet état de fait n'incite pas le particulier à investir pour sa propre prévention qui peut généralement nécessiter un coût à supporter par ce dernier.

D'autre part, l'incitation financière auprès des particuliers ne semble pas envisageable compte tenu du surcoût qu'il s'agirait de supporter par la profession pour mobiliser des « préventeurs » à la « vérification du risque ».

Cependant, face à la recrudescence des événements, des coûts de la sinistralité, de l'exposition des portefeuilles de risques, l'outil d'autodiagnostic aide à travers les informations qui peuvent être collectées par son utilisation à :

- améliorer la connaissance de la profession sur la sinistralité potentielle des sociétaires
- sensibiliser ces derniers aux mesures conduisant à réduire les dommages potentiels face à l'inondation.

En réponse au premier point, les résultats de l'autodiagnostic viennent compléter à l'échelle du particulier, l'information de la MRN (voir Chapitre 2).

#### 4.5.3.2 Pour une meilleure sensibilisation des sociétaires aux mesures de prévention

La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 prévoit l'indemnisation « des dommages matériels directs non assurables ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises » (Article L125-1 du code des assurances).

D'autre part, l'article 69 de la loi Bachelot modifie l'article L125-1 par l'article L125-6. « Le préfet ou le président de la caisse centrale de réassurance peuvent saisir le bureau central de tarification lorsque les conditions dans lesquelles un bien ou une activité bénéficie de la

garantie prévue de l'article L. 125-1 leur paraissent injustifiées eu égard au comportement de l'assuré ou à l'absence de toute mesure de précaution de nature à réduire la vulnérabilité de ce bien ou de cette activité. Le bureau central de tarification fixe des abattements spéciaux dans les conditions prévues au cinquième alinéa ».

Cette dernière disposition semble peu appliquée aujourd'hui [IGF et al, 2005]. La profession préfère privilégier une relation de clientèle avec les assurés situés en zone à risque. Pour répondre au second point et dans l'hypothèse où cette disposition serait appliquée, l'utilisation de l'autodiagnostic et des mesures mises en place peut apparaître comme une « garantie » ou preuve d'une bonne foi pour le particulier.

#### **4.5.4 Pour une meilleure intégration du risque inondation dans la construction et l'immobilier**

En l'absence d'intégration du risque inondation dans les techniques constructives lors d'une construction ou d'une rénovation, les métiers du bâtiment doivent acquérir une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l'habitat. A titre d'exemple, l'objectif pour les architectes et les professionnels du bâtiment peut être :

- de la formation en vue d'une certification,
- l'intégration de mesures de prévention dès la conception (ou durant la construction),
- le conseil auprès des particuliers en matière de choix des techniques et des matériaux de construction ou de rénovation.

Plusieurs « freins » ont pu cependant être relevés dans le domaine [MEEDDAT, 2008 (b)] :

- Tendance à minimiser le risque et à juger les mesures préconisées comme inutiles,
- Réticence et / ou inertie à modifier leurs pratiques habituelles,
- Pas toujours de bons relais entre les collectivités et les particuliers,
- Absence de référentiel technique,
- Obstacle lié aux référentiels nationaux (électricité, menuiseries).

Un autre axe de réflexion mérite d'être étudié dans les domaines de l'immobilier. L'évaluation de la vulnérabilité d'un habitat à l'inondation et la définition de mesures compensatoires pourraient venir compléter les diagnostics techniques immobiliers existants. Notre outil pourrait venir compléter l'Etat des Risques Naturels et Technologiques (ERNT) et participerait à sensibiliser les acquéreurs et les locataires lors de toutes transactions immobilières.

## CONCLUSION

Ce présent chapitre a permis de passer du modèle de vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation défini au Chapitre 3, à l'ingénierie de l'outil d'autodiagnostic.

Après avoir fait ressortir les facteurs et critères « majeurs » susceptibles de faire varier significativement la vulnérabilité de l'habitat individuel, la méthodologie de l'outil d'autodiagnostic et l'ingénierie ont été conçus à partir de l'analyse de méthodes de diagnostics existantes.

Le besoin d'articuler l'outil avec une plateforme géomatique nous a amené à considérer la plateforme de l'IGN du secteur public et la plateforme MRN issue de la profession de l'assurance. Sans faire de choix sur l'une des deux plateformes, il a été relevé que les évolutions induites par la directive INSPIRE amène le géoportail de l'IGN à faciliter l'accès aux données de référence en les rendant gratuites et disponibles pour tout citoyen.

La validation des pondérations des critères de vulnérabilité par les experts en assurance et le choix d'une plateforme géomatique doit rendre l'outil opérationnel.

L'originalité de la démarche d'individualisation de l'évaluation des vulnérabilités de l'habitat face à l'inondation se retrouve principalement à travers les points suivants :

- « Mise en situation » d'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat par le particulier, s'apparentant à un « Serious Game »,
- Centralisation de l'information propre au particulier, à son habitat et à la politique de gestion du risque à l'échelle de la commune,
- Restitution de l'information sous forme de rapport personnalisé et de plan d'actions.

Ce chapitre a également abordé l'intérêt d'un tel outil pour la prise en compte et la prise en charge du risque par les particuliers et les collectivités locales. L'instrument se porte candidat pour une meilleure gestion du risque d'inondation sur le territoire. D'autre part, l'intérêt de l'outil pour la profession de l'assurance permettrait d'apporter des conseils et des informations plus adaptés et ciblées auprès des assurés. Enfin, la réalisation de l'autodiagnostic par les particuliers pourrait faire naître le besoin de faire appel à des professionnels du bâtiment qualifiés dans le domaine du risque inondation.

Ce chapitre, qui clôt la deuxième partie de la thèse, a eu pour objectif de décrire le processus de conception et de réalisation de l'outil d'autodiagnostic des vulnérabilités de l'habitat individuel à l'inondation.

## **BILAN ET PERSPECTIVES**

L'évolution des modes constructifs a conduit à diversifier l'habitat individuel qui s'est multiplié et répandu en zone inondable. L'habitat traditionnel construit et adapté au milieu physique a laissé place à un habitat « industrialisé » n'intégrant pas le risque inondation dans sa construction et son aménagement et le rendant de ce fait vulnérable. Cette situation résulte d'une politique sociale menée durant les Trente Glorieuses au détriment d'une politique de maîtrise de l'occupation des sols en zone inondable.

Longtemps conforté dans l'idée que les mesures structurelles étaient suffisantes pour se protéger contre le risque inondation, le législateur a pris conscience de l'intérêt d'appliquer des mesures « non structurelles » à la suite d'une succession d'évènements exceptionnels et catastrophiques.

Les pouvoirs publics incitent à prendre en compte la vulnérabilité dans le document d'urbanisme qu'est le PPR. Son approbation ou sa prescription conditionne, en partie, l'information préventive et l'organisation des secours. Il s'avère néanmoins inefficace en matière d'évaluation de la vulnérabilité des enjeux existants et se heurte à la politique locale de développement économique des communes. Considéré comme une carte d'exposition des enjeux au détriment d'une carte de vulnérabilité, il ne permet pas de mener de véritable stratégie de réduction de la vulnérabilité de l'habitat individuel existant répondant aux attentes des pouvoirs publics et de la profession de l'assurance.

D'autre part, les syndicats de bassins versants, en tant que maîtres d'ouvrage, tentent d'engager des mesures concrètes de réduction de la vulnérabilité à travers la réalisation de diagnostic de vulnérabilité dits « propriétaires » dont les modalités de financement remettent en cause leur déploiement et leur pérennité.

Alors que la Directive Inondation impose aux Etats membres de réduire la vulnérabilité du bâti existant et de mener une politique destinée à informer les citoyens afin de développer une culture du risque, les instruments actuellement développés sur le territoire français ne semblent pas être satisfaisants au regard de ces exigences. Dans ce contexte, la démarche de l'autodiagnostic est considérée comme favorable. Ce travail de thèse constitue une contribution pour la profession de l'assurance et les collectivités locales sur les réponses à apporter en matière d'appréciation et de connaissance de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation. L'objectif a été de construire un outil d'autodiagnostic de la

vulnérabilité de l'habitat individuel répondant aux attentes des secteurs public et privé et aux besoins des particuliers en découlant (voir Chapitre 3).

Il nous paraît utile de résumer les étapes qui ont conduit à la conception et à la réalisation de cet outil d'autodiagnostic. A partir de la définition du modèle global de vulnérabilité transposée ensuite aux modèles « pratiques », les fondements du modèle ont été enrichis et optimisés par la connaissance d'experts en assurance et l'analyse de dossiers sinistres mis à disposition par la profession de l'assurance. A l'issue de ce travail, une démarche méthodologique a été réalisée pour l'identification, l'évaluation et la réduction de la vulnérabilité de l'habitat individuel par les particuliers eux-mêmes.

A partir d'éléments méthodologiques de diagnostics existants et d'un outil d'éditeur de questionnaire, le mode opératoire de l'outil a été réalisé. De plus, l'articulation de l'outil avec une plateforme géomatique doit garantir l'opérationnalisation de l'outil.

Enfin, quelques considérations sur les apports potentiels de l'outil d'autodiagnostic ont été mises en évidence. Cette conclusion est l'occasion de proposer des perspectives de ce travail de recherche.

## **Contribution des éléments de caractérisation de la vulnérabilité d'un enjeu et d'une politique publique de prévention pour la conception d'un modèle de vulnérabilité de l'habitat individuel à l'inondation**

Les acquis tirés de la définition d'un modèle global de vulnérabilité et des modèles « pratiques » ont abouti à construire un modèle « générique » où se situe le concept de vulnérabilité à l'intérieur de celui du risque [MENGUAL, 2008] et où la vulnérabilité de l'habitat est dépendante d'une vulnérabilité liée à l'efficacité de la politique de gestion du risque à l'échelle de la commune. D'autre part, l'étude de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation s'est affranchie de la probabilité d'occurrence du phénomène perturbateur tout en privilégiant des scénarios « hypothétiques » de différentes intensités.

La démarche méthodologique de conception du modèle a consisté en une identification des conséquences et des dommages potentiels liés à la submersion de l'habitat, à la situation créée par l'inondation et par la politique de gestion du risque à l'échelle de la commune. A partir de cette identification, des facteurs « extrinsèques » et des critères « intrinsèques » susceptibles de faire varier la vulnérabilité de l'habitat ont été regroupés en trois catégories : l'environnement (commune), l'habitat et l'habitant. Les facteurs « extrinsèques » sont

renseignés par des indicateurs de vulnérabilité à l'échelle de la commune (ex : PPR, DICRIM, etc.).

Ce travail a, en partie, été enrichi par un apport de connaissances scientifiques et techniques des experts en assurance et également par une analyse des dossiers sinistres mis à disposition par la profession. Cette étude a eu pour objectifs de déceler les dommages matériels les plus récurrents et d'apprécier la sensibilité des habitats à l'inondation selon leurs modes constructifs (plain pieds, à étage, sur sous sol, etc.). A terme, il s'agira de modéliser et de ventiler le coût du sinistre à l'échelle micro-économique. L'analyse des dossiers sinistres a permis de dégager un complément de facteurs et de critères qui ont été intégrés à notre modèle. Tout comme les anglais, l'ambition serait de construire des fonctions d'endommagement selon une approche probabiliste.

Après avoir érigé les bases du modèle de la vulnérabilité de l'habitat face à l'inondation, le passage à l'ingénierie a consisté en une analyse structurelle permettant de mettre en évidence le poids relatifs de chaque facteur et critère de vulnérabilité. A l'issue de ce travail, le modèle a été redéfini afin de réaliser l'outil d'autodiagnostic. Ce modèle s'articule en cinq composantes majeures pour évaluer la vulnérabilité de l'habitat : l'intensité de l'aléa, l'exposition de l'habitat, les mesures de mitigation existantes, l'habitant et l'efficacité de la politique de gestion du risque.

Ces travaux de recherche ont abouti à la construction d'un modèle de caractérisation de la vulnérabilité de l'habitat individuel face à l'inondation qui ont abouti à concevoir la méthode d'autodiagnostic.

### **Contribution des éléments méthodologiques de diagnostics existants et d'un outil d'éditeur de questionnaire dans la conception du mode opératoire de l'instrument de gestion des vulnérabilités de l'habitat individuel face à l'inondation**

L'analyse comparative de plusieurs méthodes de diagnostics existantes a permis de retenir des éléments méthodologiques à partir desquels nous avons conçu notre propre méthode. Au regard des attentes et des besoins induits évoqués dans le chapitre 3, il s'est agi de proposer un outil d'autodiagnostic informatisé permettant au particulier d'identifier les vulnérabilités de son habitat, d'en retirer les enseignements nécessaires pour y faire face et par conséquent

de mieux gérer le risque inondation. A l'image des « Serious Game », il a pour objectifs d'être à la fois :

- un outil fondé sur la base de connaissances expertes, scientifiques, techniques et réglementaires, enrichies par celles des particuliers ;
- un outil pédagogique de « mise en situation » permettant à tout un chacun de s'informer, de s'auto-former (ex : maîtrise du batardeau) et de se sensibiliser sur l'ensemble des actions et des mesures conduisant à réduire les dommages potentiels (ex : vidéo, fiches, guides, etc.).

La précision de l'outil est influencée par des limites techniques de connaissance des caractéristiques de l'aléa et également par son caractère déclaratif. « L'avantage de la méthode d'autodiagnostic en fait son inconvénient ».

Le système d'autodiagnostic fait appel aux fonctionnalités d'un outil d'éditeur de questionnaires dénommé COGNITEO®. Ce module a l'avantage de formaliser des connaissances et d'éditer des questionnaires à partir d'une base de règles métier. Un corpus documentaire constitue la principale source de données du système. Il est en partie constitué d'une base de données sinistres et d'un tableau « générique » sur les dommages matériels réalisé « à dire d'expert ».

Le besoin de géolocaliser l'habitat du particulier et de renseigner les indicateurs de vulnérabilité à l'échelle de la commune conduit à articuler l'outil à une plateforme géomatique.

L'analyse des méthodes de diagnostics existantes a conduit à proposer un mode opératoire de l'outil d'autodiagnostic en cinq étapes : « Identification / Inscription », « Questionnaires initialisés », « Processus méthodologique d'appréciation des vulnérabilités », « Génération de recommandations prioritaires » et « Visualisation des « points » de vulnérabilité et émission d'un rapport personnalisé ».

Ces travaux ont abouti à la conception d'une méthode d'autodiagnostic, méthode qui a été confrontée aux avis d'experts en assurance et à un échantillon d'une trentaine de personnes mis en situation. En l'absence d'expérimentation plus large, seuls des apports potentiels de la méthode de l'outil d'autodiagnostic ont été mis en évidence.

## **Apport potentiels de la méthode d'autodiagnostic pour les particuliers, les collectivités locales et la profession de l'assurance**

La méthode d'autodiagnostic peut avoir plusieurs apports fondamentaux pour le particulier à travers l'identification et la communication des dommages potentiels pour sa propre étude de cas et par la prescription de mesures de mitigation dont le Plan Familial de Mise en Sureté (PFMS) personnalisé. Ces points ont pour effet d'initier une conscientisation du risque, de permettre l'émergence de besoins aujourd'hui non exprimés et de responsabiliser davantage les particuliers pour gérer au mieux le risque et ceci « en attendant » les pouvoirs publics.

Les collectivités locales autant que la profession de l'assurance pourraient améliorer la connaissance de la vulnérabilité de leur territoire ou de leurs sociétaires et ceci à « moindre coût » mais aux conditions de favoriser l'usage de l'outil par le plus grand nombre et le regroupement des résultats à des fins d'analyses.

Le manque de précision des données, le caractère déclaratif, l'absence de rentabilité des mesures de prévention calculée à l'échelle du particulier (ex : économique, organisationnelle), le manque d'incitation à réaliser l'autodiagnostic, le contexte déresponsabilisant et l'absence de cadre réglementaire sont autant de limites pouvant remettre en question l'utilisation de l'outil d'autodiagnostic par le particulier.

Les collectivités locales trouveront des limites dans la dépendance vis-à-vis de la méthode d'autodiagnostic et le manque de précision qui ne permet pas de justifier d'investissements.

Quant à la profession de l'assurance, celle-ci trouvera des limites de dépendance vis-à-vis de la méthode d'autodiagnostic en l'absence d'incitation.

Un partenariat Public Privé serait à envisager de manière à repousser certaines de ces limites. Calyxis, par son positionnement entre les collectivités locales et la profession de l'assurance pourrait être candidat pour remplir d'organisme dédié.

L'ensemble des points abordés ci-dessus atteste de l'intérêt d'un outil d'autodiagnostic informatisé mis à disposition sur Internet permettant un accès au plus grand nombre et ceci afin d'initier l'émergence d'une conscientisation du risque. La présentation d'un prototype de l'outil a suscité l'intérêt des collectivités locales et de la profession de l'assurance. Ces derniers doivent néanmoins s'investir pour promouvoir l'outil et assurer son appropriation par le particulier, son déploiement et sa pérennité.

Ces travaux se sont concrétisés par une méthode d'autodiagnostic qui a conduit au développement d'un outil informatisé rendu disponible sur internet. Cependant, le rendre opérationnel nécessite d'enrichir la « base expert » (pondération des critères) et d'articuler l'outil avec une plateforme géomatique.

La partie suivante aborde des perspectives d'amélioration et de complément à l'utilisation de l'outil.

### **Vers l'articulation de l'outil d'autodiagnostic avec une Plateforme Géomatique**

L'outil d'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation, développé par CALYXIS, doit être complété d'un Système d'Information Géographique (SIG) nécessaire à la géolocalisation des particuliers en zones inondables et/ou en zones réglementaires.

Deux plateformes géomatique ont été présentées dans le Chapitre 4 comme « candidat » pour fournir les données géographiques et non géographiques nécessaires à l'initialisation de l'autodiagnostic. Une étude de faisabilité est à conduire afin de rendre entièrement opérationnel l'outil.

### **Vers une étude des modalités d'usages de l'outil d'autodiagnostic**

En l'absence de visibilité sur le caractère obligatoire ou non obligatoire que l'Etat pourrait imposer, il serait intéressant d'anticiper et de réfléchir aux modalités de déploiement et d'adaptation potentielles de l'outil d'« autodiagnostic ».

La sensibilisation des particuliers seule n'est sans doute pas suffisante pour pousser ceux-ci à réduire leur vulnérabilité quand elle existe. Est-il envisageable que la loi évolue et rende l'autodiagnostic obligatoire ? Quelles seront les mesures incitatives ? Quelles seront les conditions d'application ? Viendront-elles compléter des dispositifs existants ?

Nous proposons de nous inspirer des dispositifs existants et obligatoires en France et à l'étranger (ex : diagnostics immobiliers, contrôle technique automobile, « Inspection Technique des Edifices de Madrid » etc.) afin de proposer des scénarios plausibles d'usages et de déploiement de l'outil.

Il s'agit d'étudier les processus d'application de ces dispositifs afin de les transposer à notre propre dispositif. Un ensemble de questions doivent pour cela être posées : Y a-t-il une

exigence réglementaire ? Quelles sont les conditions d'application de ces dispositifs ? Sont-ils payants ou gratuits ? Y a-t-il un mécanisme incitatif ? Quels sont les promoteurs, les prescripteurs et les utilisateurs ? Quels sont les bénéfices pour ces utilisateurs ?

Au regard du processus d'application des diagnostics immobiliers, la première hypothèse consisterait à compléter l'Etat des Risques Naturels et Technologiques (ERNT) par l'autodiagnostic lors de toute transaction immobilière.

La seconde hypothèse s'inscrit dans un contexte où l'installation de détecteurs de fumées dans les logements d'ici Mars 2015 est obligatoire (LOI n° 2010-238 du 9 mars 2010). De ce fait, CALYXIS, en tant que pôle d'expertise du risque pourrait profiter de cette opportunité pour former et certifier des experts à la réalisation de deux types de diagnostics : l'un concernant les accidents de la vie courante, l'autre concernant le risque inondation. Un « package » centré sur la sécurité des biens et la sûreté de la personne pourrait ainsi être créé.

Ces pistes de réflexions méritent d'être approfondies et enrichies.

Enfin, le système d'acteurs publics et privés mis en évidence et dont l'intérêt commun est de réduire la vulnérabilité de l'habitat existant nous pousse à nous interroger sur des pistes relatives aux modalités de pérennisation de l'outil au regard d'un dispositif Anglais existant : Homecheck Pro<sup>80</sup> (Annexe 5).

## **Vers la généralisation de l'analyse de la sinistralité comme retour d'expérience nécessaire pour caractériser la vulnérabilité de l'habitat à l'inondation**

Des expérimentations quant à l'analyse et l'exploitation des dossiers sinistres mis à disposition par la profession de l'assurance ont montré l'intérêt des informations contenues pour affiner l'appréciation de la vulnérabilité à l'échelle de l'habitat. Il serait intéressant de définir une étude de faisabilité sur la normalisation des rapports d'expertise de manière à faciliter l'analyse et l'exploitation de ces données à grande échelle tout en les adaptant aux besoins de l'appréciation de la vulnérabilité. Ce travail de recherche devrait avoir pour ambition de créer un référentiel unique en France en termes de sinistralité de l'habitat individuel face à l'inondation et permettre ainsi de renforcer le lien entre le secteur public et

---

<sup>80</sup> Le lecteur intéressé pourra consulter le lien suivant : [www.homecheckflood.co.uk](http://www.homecheckflood.co.uk). Homecheck est un service anglais proposé par une société privée LandMark Information Group. Créée en 1995, cette société a conçu une plateforme Publique / privée qui est née d'une opportunité de marché par laquelle le gouvernement anglais demande de mettre à disposition toutes informations relatives à la propriété et aux risques environnement (ex : inondations). Pour plus d'informations, nous renvoyons le lecteur à l'Annexe 5.

le secteur privé pour le bénéfice de la prévention. L'appréciation de la vulnérabilité se verrait également renforcée par la complémentarité des résultats, issus de l'analyse des dossiers sinistres et de l'autodiagnostic de vulnérabilité.

## Vers une plateforme Publique / Privée dédiée à la sinistralité de l'habitat des particuliers face au risque inondation

De par son positionnement Calyxis pourrait être un observatoire de la sinistralité de l'habitat individuel face au risque inondation (figure 4-23). L'enjeu serait de renforcer le partenariat entre les collectivités locales et la profession de l'assurance en s'appuyant sur deux outils d'appréciation de la vulnérabilité que sont l'autodiagnostic (a priori) et la base de données sinistres (a posteriori). La Plateforme de développement pourrait dépasser les aspects techniques et s'orienterait vers une approche « Géo-collaborative » [PORNON H, 2007] définit comme un moyen de « travailler ensemble assisté par des outils de la géomatique pour une représentation et une compréhension commune du territoire à des fins décisionnelles ».

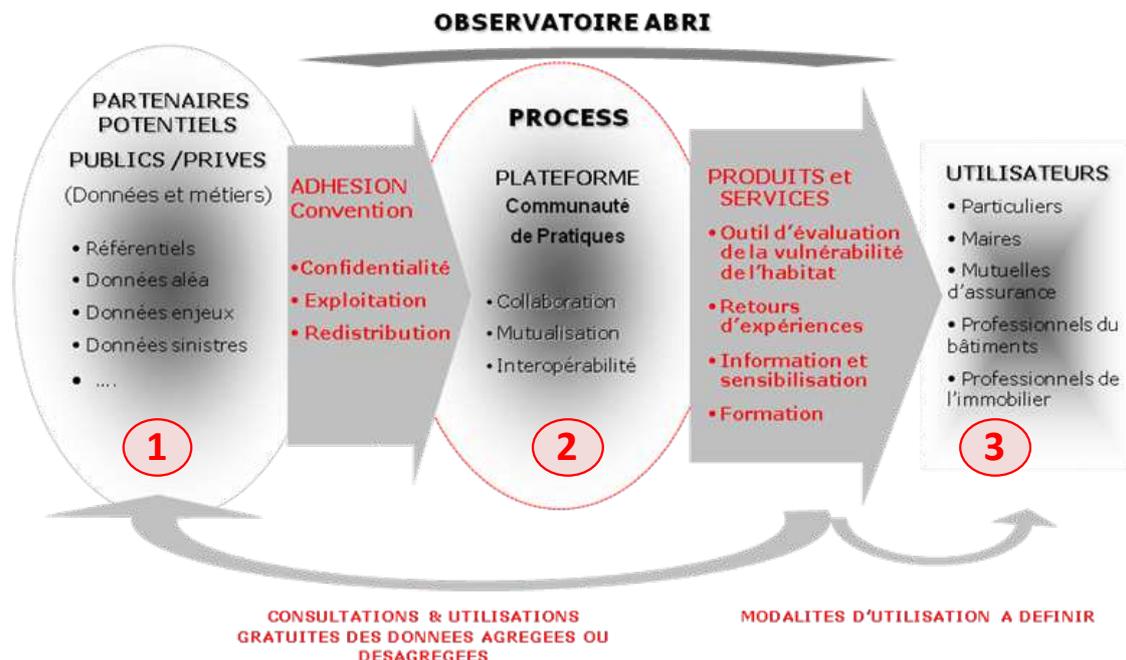


Figure 4-23 Schématisation de l'observatoire de l'habitat face au Risque Inondation (ABRI)

La partie 1 « PARTENAIRES POTENTIELS » serait constituée des acteurs publics / privés fournisseurs de données géographiques, statistiques et non géographiques (Aléa, Enjeux,

Sinistres, etc.) complétées de compétences et de connaissances scientifiques et techniques. Ces données seront intégrées à l'observatoire selon des modalités qui restent à définir. Calyxis pourrait s'engager dans un processus conventionnel définissant le rôle et les responsabilités de ses futurs partenaires impliqués dans le dispositif. Le déploiement de ce dernier pourrait passer par des conventions avec des acteurs publics et/ou privés, des universitaires, des fournisseurs de bases de données géographiques et statistiques, des experts en assurance et en construction, etc. Calyxis se positionnerait en tant qu'incubateur de données et de connaissances relatives à la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation.

La partie 2 « PROCESS » intégrerait le « back office » de l'outil d'autodiagnostic et la base de données sinistres. Cet environnement serait le cœur d'une « communauté de pratiques » où la capitalisation, la mutualisation, l'interopérabilité et le partage de réflexions, de méthodes, de données et de compétences techniques seraient le fruit de produits multiformes (ex : Autodiagnostic).

En complément à la réalisation de ces deux outils (autodiagnostic et base de données sinistres) il s'agit de proposer des services et des produits multiformes à travers, des tableaux, cartes, ou indicateurs statistiques à destination des acteurs publics et privés, des guides et des fiches d'information à destination du grand public, un atelier de simulation de type « Flood Animation Studio » développé par l'Université de Hambourg (Annexe 6) et des formations auprès des professionnels du bâtiment (ex : architectes, artisans, etc.) au travers de « Calyxis Expérimentation ».

La partie 3 « UTILISATEURS » parmi lesquels les particuliers, les maires et la profession de l'assurance, illustre les cibles qui pourraient être concernées par les produits multiformes.

Le projet a été retenu par l'Union Européenne dans le cadre du financement du Fond Européen de Développement Régional (FEDER). Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable du Transport et du Logement (MEDDTL) a apporté son financement à travers des ateliers de sensibilisation pour le grand public.

## **Vers une étude socio-psychologique et comportementale des habitants face au risque d'inondation**

En l'absence de moyens permettant une meilleure prise de conscience du risque par les particuliers, il n'y aura ni anticipation, ni gestion des inondations. Le peu de retours d'expériences sur les événements passés soulignent l'importance des conséquences socio-économiques et psychologiques des inondations. Conjugué à un système d'indemnisation CatNat déresponsabilisant, la « quasi-inexistence » d'une véritable culture du risque des citoyens en France a été déplorée après les événements de 2010. Le professeur Jean Bernard Auby, a rappelé que contrairement à d'autres pays comme la Grande Bretagne où « la cartographie des risques d'inondation est mise à disposition du grand public et induit une définition collective du niveau de risque acceptable, ainsi qu'une responsabilité individuelle des acquéreurs de biens, la France en reste à une « misérable culture du secret » qui pousse les citoyens à compter sur la protection de la puissance publique pour se prémunir contre les risques » [ANZIANI, 2010 (b)].

Alors que la prévention est essentiellement de garantir la sécurité des personnes, peu d'études sur le comportement et les circonstances des victimes sont entrepris en France. Contrairement aux travaux menés par certains pays anglo-saxons [MESSNER et MEYER, 2005 ; TUNTSALL, 2006], les dommages corporels (blessés), psychologiques et socio-économiques à l'échelle de l'habitat sont peu étudiés en France et par conséquent ne conduisent pas à développer une véritable culture du risque adaptée et tenant compte des aspects cognitifs et perceptifs des particuliers.

A l'image des travaux de recherche réalisés par l'Université de Hambourg (Annexe 6) concernant la réalisation d'un « Flood Animation Studio » destiné à sensibiliser les habitants en zone inondable, nous proposons de nous inspirer de ce concept pour mener des études socio-psychologiques et comportementalistes qui viendront renforcer et compléter les données et informations socio-économiques issues de l'autodiagnostic.

Dans le cas de ces travaux Allemand, la première étape consiste à mettre en situation les individus dans un studio où la hauteur d'eau et la vitesse de submersion sont matérialisées dans des cylindres de 2 mètres de haut et de 20 cm de diamètre. Les caractéristiques<sup>81</sup> de

---

<sup>81</sup> En Allemagne, la cartographie de l'aléa est définie à partir d'outils de modélisation (ex : HEC-RAS) et couvre l'ensemble de territoire national afin d'adapter au mieux la couverture d'assurance.

l'inondation à savoir la hauteur d'eau et la vitesse de submersion sont paramétrés par un Système d'Information Géographique (SIG) à partir duquel est géolocalisé l'habitat du particulier.

La deuxième étape met l'individu en situation lors d'une « réelle montée des eaux » dans une pièce de l'habitat. Des priorités de sauvegarde des biens sont données à l'individu afin d'étudier sa réactivité et son comportement face à l'adversité.

Ces travaux consistent à étudier les facteurs cognitifs et perceptifs susceptibles de faire varier le comportement des individus lors d'une inondation.

Cette simulation viendrait en complément à l'outil d'autodiagnostic pour une application au plus près de la réalité. Calyxis a pour ambition de construire un département dénommé « Calyxis expérimentation » où une série des produits et d'équipements de protection et de prévention contre les accidents de la vie courante seront testés par des professionnels et des scientifiques. Dans le cadre de ses campagnes de sensibilisation sur les accidents de la vie courante, ce concept pourrait être itinérant afin de sensibiliser les populations et ainsi contribuer à développer une véritable culture du risque.



## **ANNEXES**

### **ANNEXE 1**

**Tableau générique référençant les dommages matériels et structurels sur l'habitat et les recommandations associés (source : experts en assurance)**

### **ANNEXE 2**

**Extrait du document technique sur l'analyse des dossiers sinistres de l'inondation de la commune d'Arles en 2003. L'analyse des « données sinistres CatNat », quels intérêts et quelles limites ?**

### **ANNEXE 3**

**Méthode de l'analyse structurelle (extrait [MENGUAL, 2008])**

### **ANNEXE 4**

**Réduction de la vulnérabilité de l'habitat face aux inondations, Rapport de visite, EPTB Saône Doubs**

### **ANNEXE 5**

**Une plateforme Publique / Privée : Homecheck**

### **ANNEXE 6**

**« Flood Animation Studio » de l'Université de Hambourg**



## ANNEXE 1 - Tableau générique référençant les dommages matériels et structurels et recommandations associés (source : experts en assurance)

Revetements des sols et des murs										
Partie de l'ouvrage	Matériaux	Réaction du matériau	Réparation/Travaux à effectuer	hauteur d'eau			Durée de submersion			Conseils de prévention pour éviter le dommage
				20 cm	<70 cm	<1,20 m	<0,5 j	2 à 3 j	> 3 j	
Ouvrage	Bois massif	gonflement et déformation	Réparation, remplacement (partiel ou total)	3	3	3	3	3	3	Privilégier le carrelage scellé qui ne se décolle pas.
		gonflement et déformation	/	3	3	3	3	3	3	Privilégier le carrelage scellé qui ne se décolle pas.
	Carrelage scellé	0	/	0	0	0	0	0	0	/
	Carrelage collé	Décollement	Reprise des parties décollées	0	0	0	0	0	0	/
Revetements des sols intérieurs	Moquette	Décollement et tâches indélébiles	Remplacement	3	3	3	3	3	3	Privilégier le carrelage scellé qui ne se décolle pas.
	Lino ou PVC	Décollement et tâches indélébiles, mais à usure	Remplacement	3	3	3	3	3	3	Le lino ou PVC réagit mal au contact de l'eau, cependant, il se retire facilement pour favoriser l'assèchement de la pièce.
	Béton ciré	0	Remplacement	3	3	3	3	3	3	/
	Plastique	Décollement	Remplacement	3	3	3	3	3	3	/
	Mortier ciment	Très bonne résistance	/	0	0	0	0	0	0	/
Enduit sur murs et cloisons	Plâtre	légère dégradation de l'aspect	Sécher	1	1	1	1	1	1	Reprise partielle de l'enduit.
	Papier peint	Dégradation, tâches indélébiles et décollement	Rection, remplacement	3	3	3	3	3	3	Privilégier les carrelages collés, simple à mettre en place ainsi que les crépis saillies/ciment.
Revetement murux	Peinture	Dégradation, tâches indélébiles et décollement	Remplacement	3	3	3	3	3	3	/
	Textiles	/	/	3	3	3	3	3	3	/
	Bois	Déformation gonflement	Remplacement	3	3	3	3	3	3	/
Revetement murux	Carrelage collé	Très bonne résistance . Décollement	Reprise des parties décollées	0	0	0	0	0	0	/
	Carrelage scellé	Aucun dommage	/	0	0	0	0	0	0	/



## ANNEXE 2

**Extrait du document technique sur l'analyse des dossiers sinistres de l'inondation de la commune d'Arles en 2003. L'analyse des « données sinistres CatNat », quels intérêts et quelles limites ?**

En tant que seule source d'information sur les dommages à l'échelle micro-économique, nous avons mené une étude expérimentale sur des dossiers sinistres de l'inondation d'Arles en 2003 mis à disposition par la profession de l'assurance. Malgré certaines limites que nous évoquerons par la suite, les dossiers sinistres sont la source nécessaire pour identifier, analyser et évaluer les dommages utiles à l'appréciation de la vulnérabilité des biens assurés.

### **1. Les dossiers inondations CatNat : origine et mise à disposition**

Les dossiers sinistres inondation Catnat sont subordonnés par le système d'indemnisation des Catastrophes naturelles. Selon la loi n°82-600 du 13 juillet 1982, l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles est subordonnée à trois conditions (Art. L.125-1 à L. 125-6 du Code des assurances) :

- l'état de catastrophe naturelle doit avoir été constaté par les autorités et publié dans le journal officiel,
- les victimes qui ont souscrit un contrat « dommages aux biens » ont dix jours pour adresser une déclaration à leur assureur,
- un lien de causalité directe entre la catastrophe et les dommages matériels directs doit faire foi.

La loi prévoit l'indemnisation « des dommages matériels directs non assurables ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises » (Article L125-1 du code des assurances).

#### **1-1 Origine et instruction des données sinistres inondation Catnat**

Issus de deux compagnies d'assurance Niortaise (79), les dossiers analysés concernent les sinistres « particuliers » de la commune d'Arles, indemnisés au titre de la garantie catnat d'où l'appellation de « dossiers sinistres inondation catnat ».

Après un sinistre, l'assuré doit déclarer ses préjudices à son assureur afin d'être indemnisé. Selon l'importance des dommages, le dossier sinistre est orienté vers l'expertise terrain pour une visite du « risque » ou vers la télé-expertise quand le préjudice est estimé en dessous d'un certain montant de dommages défini par la compagnie d'assurance.

Lors d'une expertise terrain, l'évaluation des préjudices est réalisée à « dire d'expert ». Lors de la visite, l'expert vérifie dans un premier temps la conformité du contrat de l'assuré puis fait état des dommages matériels « directs » mobiliers et immobiliers dans un « rapport d'expertise ». Les informations relatives aux préjudices sont directement dépendantes de l'intensité de l'inondation (ex : hauteur d'eau et durée de submersion). Elles sont renseignées dans des rapports d'expertise et permettent de mieux comprendre les causes et les circonstances du préjudice et d'estimer les pertes.

Une fois l'inventaire des préjudices effectué, l'expert informe l'assuré des étapes à suivre et des pièces à fournir pour compléter le dossier et enclencher les travaux de réparation. Dans certains cas, le particulier doit établir les devis des travaux jugés nécessaires par l'expert (ex : installation électrique, revêtements des murs, etc.). Après validation du montant des devis de réparation par la compagnie d'assurance, ces derniers sont archivés dans le dossier sinistre du sociétaire. L'indemnisation s'effectue ensuite selon les conditions du contrat d'assurance (franchise, vétusté, exclusion, etc.) de chaque assuré. Le coût d'indemnisation des dommages matériels « directs » n'est donc pas représentatif du coût réel des préjudices.

Ces dossiers sinistres comportent des informations contractuelles sur les assurés, un rapport d'expertise et un dossier de devis des travaux relatifs aux préjudices matériels subis. Les données contenues dans ces dossiers sont de deux natures : qualitative (ex : type constructif) et quantitative (ex : coût des dommages).

## 1-2 La mise à disposition des dossiers sinistres

Enfin, dans un souci de confidentialité, la mise à disposition des dossiers s'est réalisée en interne aux compagnies d'assurance et chaque dossier a été rendu anonyme.

## 1-3 Les biais rencontrés lors de l'analyse

- Une analyse des dossiers papiers fastidieuse

L'analyse des dossiers papiers est chronophage (1/2 heure pour chacun).

- Manque de qualité dans l'information renseignée

Lors d'un sinistre, les compagnies mobilisent des experts libéraux et salariés afin d'estimer les préjudices subis. La qualité des rapports est variable, les informations renseignées sont hétérogènes et subjectives. Il n'existe aujourd'hui pas de « modèle type » de rapport d'expertise auprès des experts salariés. Certains bureaux d'expertise (experts libéraux) ont constitué des rapports standards dans lesquels les données sont renseignées systématiquement (ex : durée de submersion, détails des dommages et des matériaux utilisés dans la construction).

Dans le cadre de notre étude, la fiabilité et le détail des données relatives aux causes et aux conséquences d'un sinistre ont toute leur importance pour apprécier la vulnérabilité de l'habitat du particulier.

- Des limites de gestion et d'extraction des données

L'application de la règle proportionnelle de prime (lorsque le contrat n'est pas conforme) à un impact majeur sur le montant de l'indemnisation versée à l'assuré. Cette règle entraîne une diminution de l'indemnité versée, lorsque le risque sinistré n'est pas conforme au risque déclaré par l'assuré (ex : pas de déclaration de travaux d'extension). Le gestionnaire calcule le montant de la prime qui aurait dû être versée par l'assuré si le risque avait été déclaré. Ce dernier l'impact sur le montant de l'indemnisation. Elle ne sera pas prise en compte lors de l'analyse, elle pourrait entraîner une conclusion erronée des résultats ressortis puisqu'elle modifie le montant de l'indemnisation.

Les contrats en valeur à neuf avec le rachat de la vétusté possible sont difficiles à traiter. Les différents taux de vétusté dépendent des contrats et des plafonds de garantie. Ce sont des données complexes et à traiter avec précaution.

La complexité des conditions applicables à chaque contrat d'assurance nous oblige à ne pas prendre en considération le montant d'indemnisation dans notre analyse.

- Manque de données géographiques et socio-économiques

Pour des raisons de confidentialité et par manque d'outil et de données géographiques et statistiques, nous ne sommes pas en mesure de géolocaliser les enjeux, d'apprécier la topographie du terrain et de d'avoir une connaissance de la Catégorie Socio-Professionnelle (CSP) de l'assuré.

## **2. Méthode d'analyse des données sinistres**

### **2.1 Objectif de l'analyse**

L'analyse des dossiers sinistres a pour finalité de recenser les dommages qui ont affecté l'habitat du particulier et de mettre en évidence une typologie de ces derniers. En tant que seule source d'information sur les caractéristiques des biens assurés (Informations contractuelles) et des dommages matériels « directs » mobiliers et immobiliers (Rapport d'expertise), les dossiers sinistres doivent faire l'objet d'une analyse approfondie afin de décrire et de quantifier les dommages et d'identifier un ou plusieurs facteurs d'endommagement. Il s'agit également de savoir si les données sont suffisantes pour une estimation fiable de la vulnérabilité et de connaître les effets des données non exploitées et non disponibles.

A terme, un volume suffisant de dossiers facilitera la modélisation et la ventilation du coût de sinistre par catégorie de dommages. Des « règles » ou des « généralités » pourront alors être établies selon un ou plusieurs facteurs d'endommagement. La constitution d'un échantillon plus pertinent sera alors envisageable. Les enseignements tirés seront analysés et comparés à un même type d'événement survenu dans un lieu différent. Le but est de pouvoir ressortir des informations pertinentes d'un événement à un autre et de généraliser la saisie des données sinistres « inondation » pour chaque événement survenu ces dernières années.

L'intérêt d'une telle démarche est de constituer un référentiel unique en France sur la sinistralité de l'habitat des particuliers afin de participer à la politique publique de prévention par l'apport de connaissances et d'informations sur la sinistralité. Cette étude viendra également compléter et renforcer le travail effectué à ce jour concernant la réalisation d'un autodiagnostic de la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation et sera un retour d'expérience non négligeable à prendre en compte. Cette analyse entraînera une plus-value en apportant de nouvelles informations découlant de données existantes.

### **2.2 Etat des travaux de recherche existants**

Notre démarche s'est inspirée d'une analyse menée par le [CETE Méditerranée, 2005] sur 168 dossiers de rapport d'expertise, dans le Gard et les départements limitrophes. Le but était de définir une stratégie de réduction de la vulnérabilité des bâtis situés en zone inondable. L'étude a montré une répartition homogène du coût des dommages entre le mobilier et l'immobilier. Sur l'immobilier, les quatre postes les plus onéreux correspondaient dans l'ordre

décroissant à la maçonnerie et la platerie, l'embellissement, la menuiserie et l'électricité. La nature des dommages est quasi inexistante (ex : décollement, affouillement, etc.), seule « la consistance des travaux de réparation permet d'entrevoir la nature des dommages ». D'autre part, l'absence de croisement entre les variables ne permet pas de mettre en évidence des facteurs pouvant faire varier les dommages. L'absence de données relatives aux caractéristiques de l'habitat et de l'habitant limite l'étude.

### 2.3 Traitement des dossiers sinistres

- Composition des dossiers sinistres

Un dossier sinistre est composé de plusieurs sous dossiers répartis comme suit :

- Le dossier relatif aux informations du contrat d'assurance de l'assuré donne des informations sur le risque assuré (« profil client »). Les informations concernent : le contrat de l'assuré, sa situation personnelle, sa sinistralité antérieure, quelques caractéristiques du logement (surface habitable, terrain, dépendance, etc.),
- Le dossier d'expertise comprend l'évaluation des dommages matériels par l'expert,
- Des communications entre l'assurance (gestion de sinistre) et l'assuré : les échanges lors des entretiens téléphoniques ou mails avec l'assuré est retranscrit dans le dossier,
- Des photos des biens endommagés le cas échéant (cela peut nous permet d'obtenir des informations manquantes comme la hauteur d'eau ou le type d'habitat),
- Des devis à partir desquels nous pouvons effectuer nos calculs afin d'estimer le coût des dommages matériels.

- Conception de la « Base de données sinistres inondation CatNat »

Afin d'identifier les dommages et les facteurs d'endommagement, les variables de base constitutives de notre grille d'analyse sont issues d'un travail de modélisation des conséquences liées à la submersion de l'habitat par l'inondation. Ce travail a été complété d'une démarche d'analyse des informations tirées de documents de référence dans le domaine [CSTB, 2005] concernant la nature des dommages et des travaux aux bâtiments. Nous avons également consulté la nomenclature des métiers du bâtiment afin de mettre en évidence une liste des différents travaux que peut subir un habitat après sinistre. La nomenclature de la base de données sinistre a été créée à partir du modèle de vulnérabilité. La typologie des dommages mis en évidence lors de cette démarche est confrontée et confortée par les informations renseignées dans les dossiers sinistres lors d'un pilote mené sur une dizaine de

dossiers. A l'issu de ce pilote, le référentiel de données à renseigner lors de notre saisie a été réalisé. Une succession d'ajustement est néanmoins à prévoir au fil des saisies.

Ce référentiel contient l'ensemble des informations suivantes :

L'identification du dossier est renseigné par :

- Le code d'identification du fournisseur des dossiers,
- La date de saisie,
- Le numéro de dossier attribué lors de l'analyse,
- Le nom et le code postal de la commune sinistrée,
- La date de l'évènement,
- La nature de l'évènement (ex : torrentielle, par débordement, submersion marine, ruissellement).

Pour des raisons de confidentialité, nous n'avons pas été autorisées à saisir l'adresse de l'assuré et le numéro de dossier attribué par l'assureur.

Les facteurs d'endommagement sont renseignés par :

- les caractéristiques de l'aléa (ex : hauteur d'eau, durée de submersion, etc.),
- les caractéristiques de l'habitat (ex : date de construction, type constructifs, surface, etc.).

Les dommages sont renseignés par :

- Leur localisation : intérieur / extérieur,
- Le type de dommages matériels « directs » (ex : immobiliers, mobiliers, électroménagers, affaires personnelles),
- Le type de dommages matériels « indirect » (ex : surconsommation d'énergie) ;
- La nature des travaux (maçonnerie, menuiserie, etc.),
- La nature du bien endommagé, précisé du matériau ou du combustible,
- Le coût des travaux pour chaque type de dommage direct et indirect (référence aux détails des devis),
- La nature de l'endommagement du bien (ex : réparation, remplacement),
- La nature des mesures de prévention mises en place (ex : batardeau, etc.).

Par souci de confidentialité, le traitement des dossiers doit rester anonyme.
---

- Echantillon

Le manque de recul sur les données contenues dans les dossiers nous amène à constituer un échantillon de base qu'il s'agira de rendre plus pertinent une fois un volume de dossiers suffisant. Nous avons choisi de prendre une valeur de dossiers supérieure à 500 euros. Nous admettons qu'il est plus pertinent de prendre un coût significatif des dommages pour faire de la prévention ensuite.

L'échantillon de l'étude est composé comme suit :

Commune :	Arles
Type de risque couvert par la garantie CatNat	Inondation (ici par débordement)
Valeur des dossiers :	Montants supérieurs à 500 euros <sup>82</sup>
Statut de l'assuré :	Propriétaire
Nombre de dossiers à analyser :	100

- Analyses statistiques

Nous sommes face à des données qualitatives et quantitatives. Le mode opératoire de l'analyse statistique mené est classique. Nous procédons à deux types d'analyses : univariée et bivariée. L'analyse univariée permet d'avoir une connaissance globale des données renseignées dans les dossiers sinistres. L'analyse bivariée aide à mettre en exergue les facteurs pouvant faire varier les dommages à l'habitat et par conséquent de cerner les actions de prévention susceptibles d'être mise en place.

Il n'est pas envisagé de réaliser une modélisation formelle (ex : modèle linéaire ou logistique) du montant des devis en fonction de variables explicatives (ex : type d'habitat, agencement des pièces dans l'habitat, hauteur d'eau au RDC, etc.). Les biais sont nombreux (aucune donnée topographique, absence de donnée sur la CSP, etc.), non quantifiables et les données sont lacunaires (variables vides).

L'échantillon est majoritairement composé de variables qualitatives : on étudie les fréquences de leurs modalités en les représentant sous la forme de diagrammes circulaires. Dans un but d'optimisation, les variables quantitatives « Hauteurs d'eau au RDC » et « Montant du devis » sont représentées différemment : la première sous la forme d'un nuage de points trié par ordre croissant, la seconde véhicule deux informations essentielles : l'effectif de l'entité sur laquelle porte le devis (mobilier, carrelage, etc.) ainsi que le montant d'endommagement moyen correspondant.

---

<sup>82</sup> Nous avons décidé de prendre les montants les plus significatifs.

## CONCLUSION

### **Synthèse de l'étude :**

La ventilation du coût moyen des dommages matériels « directs » a conduit à mettre en évidence la nature et la susceptibilité de l'habitat des particuliers à subir un endommagement. Cette étude a pour objectifs de déceler les dommages les plus récurrents et d'apprécier la sensibilité des habitats selon plusieurs critères de vulnérabilité. Les premiers résultats sont encourageants et ouvrent de nombreuses pistes de réflexion auprès de la profession. En raison du faible nombre de dossiers traités et du manque d'exhaustivité des données renseignées dans les dossiers les résultats présentés doivent être approfondis.

Les résultats de cette appréciation de la vulnérabilité « a posteriori » viennent compléter et renforcer l'outil d'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat individuel par une analyse des dommages matériels « directs ».

### **Amélioration possible :**

Il s'agit de proposer de s'affranchir des limites de saisie des dossiers papiers en proposant à la profession de l'assurance d'informatiser un « modèle type » de rapport d'expertise afin d'automatiser la saisie et les traitements. Une étude de faisabilité doit être entreprise.

### **Perspectives :**

Un partenariat public / privé pourrait être envisagé. Sur un territoire donné ayant subi un évènement, il s'agirait d'analyser les dossiers sinistres issus des mutuelles d'assurance afin de constituer une base « Retour d'expérience ». Cette base viendrait compléter les démarches de diagnostic et affinerait ainsi l'appréciation de la vulnérabilité et les recommandations associées.

La mise en place d'une base de données sinistres inondation CatNat aspire à pouvoir mettre en évidence des corrélations à partir desquelles des « généralités » pourront être établies selon un ou plusieurs critères prédominants. Ces « généralités » seront ensuite confrontées aux résultats de l'autodiagnostic pour analyse et dans l'idéal conforter et compléter les recommandations de prévention auprès des particuliers.

### Matrice des corrélations\*

	Mur	Portail	Terrasse	Porte / P	Cuisine	Electrom	Mobilier	Autre	Non préc	Non préc	Surconst	Façade	Electricité	Radiateur	Mobilier	Portes	
Moyenne	6114	854	4652	5395	8742	7246	5688	18518	869	7296	3818	306	4778	2121	3538	721	1072
Ecart-type	3880	1054	4810	6174	7363	9069	6737	14354	217	8133	5212	265	5606	1694	3572	340	571
Nb observations	26	4	5	4	3	14	24	25	3	23	12	10	9	22	16	4	4
Mur	1,00	0,34	0,38	0,34	0,43	0,33	0,55	-0,39	0,53	0,50	0,25	0,32	0,64	0,35	0,92	0,74	
Portail	0,94	1,00			1,00	0,95		0,05	-1,00				-0,08	-1,00			
Terrasse	0,18	1,00	1,00		0,98	0,22	0,09	0,60	0,98	0,98	0,98	1,00	0,33	0,77	1,00	1,00	
Porte / Porte fenêtre	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,91	0,97	0,55	1,00	1,00	1,00	0,98	0,59	0,54	1,00	
Carrilage	0,98				1,00	0,68	-0,07	0,75	1,00	1,00	0,04		1,00	1,00			
Cuisine	0,43	0,98	0,98	1,00	1,00	0,75	0,68	0,89	0,46	0,29	0,84	0,48	0,63	0,63	1,00	1,00	
Electroménager, a pp électrique, Hifi	0,33	1,00	0,22	0,92	0,75	1,00	0,56	-1,00	0,36	0,30	0,89	0,83	0,55	0,82	0,50	0,50	
Mobilier	0,55	0,95	0,09	0,91	0,75	0,68	0,56	1,00	0,76	0,27	0,97	0,54	0,34	0,78	0,44	0,44	
Autre	-0,59				-1,00	-0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	
Non précisé int	0,53	0,05	0,60	0,97	0,89	0,36	0,76	1,00	1,00	0,74	0,36	0,88	0,75	0,59	0,85	0,85	-1,12
Non précisé ext	0,90	-1,00	0,98	0,55	1,00	0,46	0,03	0,51	0,71	1,00	0,62	0,97	0,55	0,76	0,72	1,00	-1,00
Surconsommation énergie	0,25				-0,04	0,29	0,30	0,27	1,00	0,61	1,00	-1,00	0,55	0,66	0,54	1,00	
Façade	0,82				1,00	0,84	0,89	0,97	0,89	0,97	-1,00	1,00	0,85	0,49	1,00		
Electricité	0,61	-0,06	0,35	0,99	1,00	0,48	0,03	0,54	1,00	0,75	0,55	0,63	1,00	0,17	0,33	0,26	
Radiateur, chauffe-eau, compteur	0,35	-1,00	0,77	0,59	1,00	0,63	0,55	0,34	-1,00	0,59	0,76	0,66	0,45	0,12	1,00	0,34	-0,85
Mobilier et acc. de jardin	0,92				1,00	0,82	0,79		0,65	0,72	0,54	1,00	0,53	0,94	1,00		
Portes	0,74				-1,00	0,60	0,44	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,26	-0,85			

Bloc gris : Mise en valeur des éléments endommagés dont les effectifs ressortent.

\* cette matrice de corrélations a été réalisée pour les observations issues d'une seule mutuelle d'assurance.



### ANNEXE 3 - Méthode de l'analyse structurelle (extrait [MENGUAL, 2008])

L'analyse se décline en quatre étapes:

**Etape 1** – Décrire les relations entre les critères : La réalisation d'une matrice permet de comparer l'influence des critères des uns par rapport aux autres. Il s'agit de se poser la question « le critère a dépend-il le critère b ? Ou inversement ». Si oui, alors 1 si non alors 0.

**Etape 2** – Comptabiliser les degrés de motricité et de dépendance des critères autrement dit chaque critère fait l'objet d'une notation (dépendance, influence) de son poids par rapport aux autres critères. Ceci permet de réaliser un graphique en nuages de points destinés à identifier et catégoriser les critères moteurs, enjeux, résultats et exclus (figure 4-24). La dépendance est représentée en abscisses et la motricité en ordonnées.

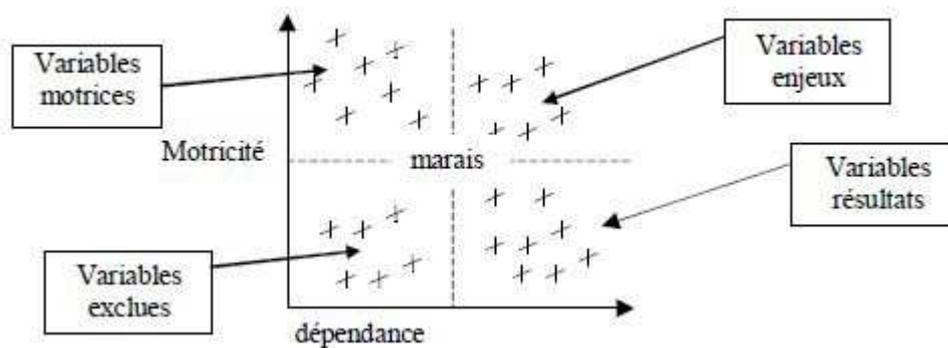


Figure 4-24 Plan Influence / Dépendance, extrait de la thèse de [MENGUAL, 2005]

Les critères « moteurs » ont une forte valeur en ordonnées. Ce sont des variables dont dépendent de nombreuses autres. Les critères « résultats » sont fortement dépendant des critères « moteurs ». Ils résultent de l'influence d'un critère moteur et d'un critère enjeu. Les critères enjeux sont à la fois moteurs pour certains critères résultats et résultats pour certains critères moteurs. Ce sont sur ces critères enjeux qu'il est nécessaire d'agir pour modifier les comportements des critères moteurs et résultats. Selon [MENGUAL, 2008], ce sont des critères intermédiaires caractérisés par un fonctionnement de type « causes entraînant des conséquences ». Enfin, les critères exclus sont des éléments mineurs du système.

La morphologie du nuage de points témoigne de la stabilité ou de l'instabilité du système (figure 4-25). Un système stable est représenté par une proportion équilibré entre des critères

moteurs et les critères résultats. A l'inverse, un système instable est caractérisé par un modèle linéaire où les points représentant les critères exclus et enjeux sont de même proportion.

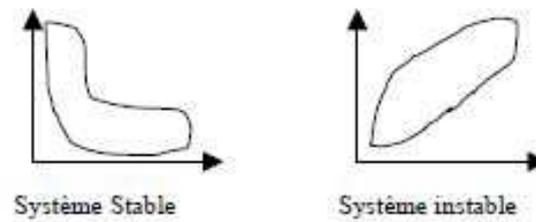


Figure 4-25 Morphologie des nuages de points, extrait de la thèse de [MENGUAL, 2005]

**Etape 3** – Optimiser les écarts entre les points : Un changement d'échelle et une élévation de la matrice à la puissance au carré, au cube et à la puissance quatre ont pour objectifs d'optimiser les écarts entre les points afin de mettre en évidence des groupes de critères qui ne sont pas apparus distinctement sur le graphique initial.

**Etape 4** – Classement des critères selon leur importance dans le système.

## ANNEXE 4 - Réduction de la vulnérabilité de l'habitat face aux inondations, Rapport de visite, EPTB Saône Doubs



### Réduction de la vulnérabilité de l'habitat face aux inondations (rapport de visite)



Illustration schématique, voir le tableau des valeurs à l'intérieur

Nom :			
Adresse :	rue de 71 XXX	Numéro cadastral :	AR1-134
Date de la visite :	05 juin 2009	Numéro de dossier :	71 263 037
Référence altimétrique de l'habitation :	Sol de l'entrée principale	Altitude (mNIGF) :	179,42
Périmètre de protection des sites classés et inscrits (A.B.F.) :	oui		

*Ce document n'a aucune valeur contractuelle, les données fournies le sont à titre indicatif dans un but d'information sur la vulnérabilité face aux inondations. Elles ne peuvent être utilisées par un tiers dans un but de contrôle.*

Visite/rédaction : CB + LR

## 1. Données pratiques sur le risque d'inondation

### PRESENTATION DU RISQUE « INONDATION » LOCAL :

Le risque « inondation » à Louhans est caractérisé par le débordement de la Seille et de ses affluents le Solnan et la Vallière ainsi que des remontées de la nappe d'accompagnement, parfois rapide dans les alluvions sablonneuses. Des remontées dans les différentes parties du réseau d'assainissement sont possibles.

La crue peut être rapide (en 1999, montée à 13 cm/h, maximum atteint 20h après le déclenchement de l'alerte) et généralement relativement courte (un peu plus de 2 jours d'inondations en 1999, moins de 12 heures aux points les plus hauts). Ces crues interviennent suite à des pluies intenses, généralement d'origine océanique.

A Louhans, à l'échelle du pont René Cassin, la cote d'alerte se situe à 2,40m. Sur l'échelle, les premières inondations (bâtiments) interviennent environ à 2,33m à Louhans et 2,85m à Sornay.

La parcelle concernée est classée en zone « bleue » dans le PPRI.

### NIVEAUX DE CRUE (échelle du pont René CASSIN, repère de crue à proximité et habitation) :

Crues	Crue de référence réglementaire (PPRI)	1935 (Plus Hautes Eaux Connues à Louhans)	1985 (T= 60 ans)	1999 (dominante Solnan, T= 80 ans)	2005 (T= 30 ans)
Pont Cassin (mNGF)	<del>180,25</del>	180,26	179,58	179,66	179,44
Habitation (mNGF)	180,25	180,40	179,63	179,55	179,32
Source	Interpolation carte réglementaire PPRI pour l'habitation	Repère de crue à proximité	Repère de crue à proximité	Repère de crue dans l'habitation	Repère de crue à proximité

### DISPOSITIFS D'ANNONCE :

Le Service de Prévision des Crues (SPC) communique les observations et prévisions aux préfetures, qui à partir d'un certain niveau d'alerte, transmettent ces informations aux maires. C'est au maire que revient la responsabilité de transmettre l'alerte aux particuliers. La Préfecture ou la Mairie peuvent éventuellement mettre en œuvre des dispositifs d'alerte automatisés ou de répondeurs téléphoniques. Les observations et prévisions du SPC sont également mises en ligne sur le site Internet du Ministère.

Site Internet de la prévision des crues <http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/>

Répondeur téléphonique « Protection Civile » de la Préfecture Saône-et-Loire : 08 21 80 00 71  
Téléphone (mairie de Louhans) : 03 85 76 75 10

### DOCUMENTS DE REFERENCE :

Plan d'Occupation des Sols valant Plan Local d'Urbanisme - 8/10/1985 - Consultable en Mairie  
Plan de Prévention des Risques inondation (PPRI) Seille - 1 juillet 2004 - Consultable en Mairie  
Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) - En cours d'élaboration

### INFORMATION SUR LE FINANCEMENT DES MESURES DE REDUCTION DE VULNERABILITE :

Les Plans de Prévention des Risques (décret du 05/10/95) fixent les zones exposées aux risques, les zones inconstructibles et les mesures de prévention, généralement obligatoires sur les bâtiments existants dans un délai de 5 ans suivant l'approbation du PPR (cf. règlement du PPR). La Loi sur les Risques du 30 juillet 2003 permet l'utilisation du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM ou Fonds Barnier, alimenté par un prélèvement sur les cotisations « Catastrophes Naturelles » des assurances et géré par l'Etat) pour le financement de ces mesures obligatoires, à un taux de 40% et dans certaines conditions (décret et arrêté du 12/01/2005).

## 2. Données humaines

### OCCUPATION

Généralité	Actuellement maison inhabitée.
Point positif	Existence d'étage.
Point négatif	Voie d'accès inondée rapidement.
Synthèse	Vulnérabilité humaine globale faible.

### INONDATIONS VECUES

La maison étant inhabitée il n'y a pas de témoins. Cependant, les marques de crues sont parfaitement visibles (chaufferie, garage, cellier). La plus haute d'entre elle témoigne sans ambiguïté du niveau de la crue de 1999.

D'autres niveaux sont visibles notamment à 179,35m. Par recoupement d'information, ce dernier pourrait correspondre à l'inondation de 2005 (sans possibilité de confirmation).

L'immeuble est proche de la confluence du Solnan avec la Seille.

## 3. Données techniques

### LE BATI (extérieur et intérieur)

- Ancien bâtiment de fonction de l'hôpital, (milieu XX<sup>ème</sup> siècle ?) individuel non jointif, au niveau du sol naturel. Le rez-de-chaussée habitable (179,42m) se compose d'une entrée, deux chambres, salon, dégagement, salle de bain et WC. Le garage est à 179,28m. La chaufferie et le cellier sont à une altitude de 179,12m.
- Par comparaison avec l'hôpital, les murs sont peut-être maçonnés en tuiles, joints de chaux et brique. A l'extérieur, présence d'un parement (brique) (H : 2,40m) puis crépi minéral pour le dessus.
- A l'intérieur, a priori pas d'isolation thermique. Les murs sont plâtrés puis recouvert de papiers peints, peinture et carrelage pour la salle de bain. Dans la chaufferie, le cellier et le garage murs couverts d'un enduit minéral. Les nombreuses cloisons intérieures semblent maçonnées (puis plâtre et papiers peints).
- Les plinthes sont en bois ou carrelage (salle de bain et WC).
- Chape béton recouverte de carrelage dans la zone de vie. Sol béton brut pour la chaufferie, le cellier et le garage.
- Toutes les portes (extérieures (entrée et 2 portes fenêtres) et intérieures (9)) sont en bois sauf la porte du garage (acier).
- Présence de fissures dans les murs (passage préférentiel pour l'eau).

### LES RESEAUX ET LES BIENS MOBILIERS

- Arrivée électrique souterraine (triphase) vers compteur (hors d'eau) situé dans le garage. Il n'y a pas de tableau électrique à proprement parler (interrupteurs et prises avec fusibles intégrés). Réseau électrique globalement descendant. Quelques réseaux rajoutés courent le long des murs notamment près du sol. Prises à 16cm du sol (179,58m) sans terre. Existence d'une barre de terre (à l'extérieur côté nord) mais non branchée.
- Prise téléphone même altitude que les prises de courant.
- Chaudière au gaz de ville rehaussée (179,32m), aération basse (179,42m). Ancienne cuve de fioul enterrée 6000l avec orifice de remplissage sous le TN (bientôt enlevée).
- Cuisine (étage) gaz de ville. Aération basse dans la salle de bain (179,70m).
- Ballon d'eau chaude électrique dans le garage suspendu hors d'eau.
- Entrée du réseau la plus basse douche (179,56m). L'habitation est raccordée au réseau d'assainissement de la ville. Actuellement raccordé au réseau unitaire, possibilité de se raccorder au réseau séparatif (à prévoir).
- Peu de mobilier (habitation non habitée).

#### 4. Dégâts potentiels

##### POUR LES PERSONNES

Moyen. Le réseau électrique est ancien (pas de tableau, pas de protections différentielles, pas de terre). Attention aux manipulations de matériel électrique, notamment en période d'inondation.

##### POUR LE BATIMENT

Faible pour la structure.

##### POUR LES BIENS A L'INTERIEUR DU BATIMENT

Moyen. (Chaudière). Pouvant devenir fort si aucune démarche de réduction de la vulnérabilité n'est envisagée (projet). Attention au véhicule dans le garage.

#### 5. Recommandations

Description de la mesure	Mise en œuvre	Enveloppe de coût	Prescrit au PPR
Mise aux normes électrique avec notamment circuits séparés, protections différentielles 30mA, distribution descendante, rehausse des prises basses à environ 83 cm du sol (soit 180,25m) dans les pièces de vie.	1	55 € / m <sup>2</sup> vulnérable	Oui
Remplacer les matériaux de revêtement (mur) intérieurs sensibles (papier peint) sous la cote réglementaire (180,25) par des matériaux insensibles à l'eau.	1	30 € / m <sup>2</sup>	Oui
Changement des menuiseries extérieures (portes) en matériaux peu sensible à la présence d'eau (PVC, alu, acier).	1	1500 € / unité	Oui
Rehausse de la chaudière (brûleur et électronique au-dessus de 180,25 soit 1,13 m du sol), notamment si nécessité de changement	1	1000 € / unité	Oui
Conserver un stock de parpaings ou caisses en plastique (plus déplaçables avec moins de risque de rayure au sol) permettant la construction de rehausses temporaires.	2	50 €	Non
Clapet anti-retour au niveau du réseau d'assainissement. Avant tout travaux, contacter le délégataire afin de d'optimiser le projet de raccordement.	2	900 € / unité	Non
Mise en place de rehausses permanentes en dur dans le garage pour stocker le mobilier sensible (0,99m).	2	350 € / ml	Non
Créer un plan d'évacuation applicable lors des crues (identifier zones refuges proche, évacuation parking...)	1	0 €	Non

\*Mise en œuvre: 1 - Urgent → obligation réglementaire, possibilité de financement.  
 2 - A court terme → petite amélioration sans engagement financier important.  
 3 - A moyen terme → possibilité de réduction importante des dégâts à coût raisonnable.  
 4 - A l'occasion → appliquer les préconisations lors de travaux.

## ANNEXE 5 - Une plateforme Publique / Privée : Homecheck

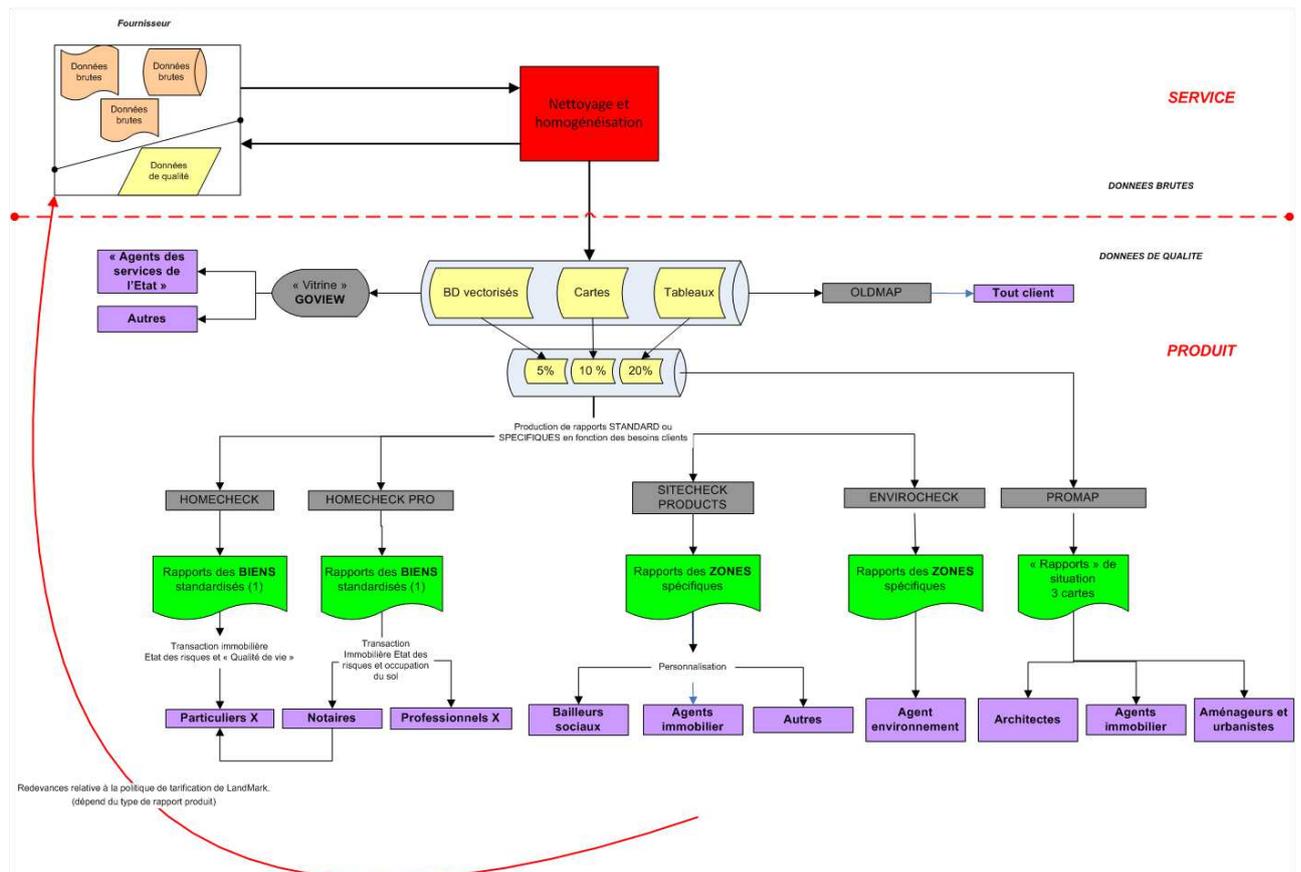
Au Royaume Uni, plusieurs outils cartographiques coexistent et constituent une base technique secondaire pour la tarification des assureurs anglais. En 1995, LandMark Information Group est une société privée qui née d'une opportunité de marché par laquelle le gouvernement anglais demande de mettre à disposition toutes informations relatives à la propriété et aux risques environnementaux (ex : contamination des sols, inondations, etc.).

Plusieurs services web ont donc été créés à cet effet (ex : Homecheck, Homecheck Pro, Sitecheck Products, ProMap, etc) afin de répondre aux attentes de chacun des utilisateurs (ex : particuliers, agents immobiliers, notaires, etc.).

The screenshot displays the Homecheck Flood Report website interface. At the top, there is a navigation bar with the Homecheck logo and 'Flood Report' text. Below this, a purple banner provides educational and informative flood advice for homeowners and legal professionals, mentioning Landmark Information Group. A central section titled 'Welcome to Homecheck Flood' explains the website's purpose and includes a '25% OF BRITISH HOMES ARE STILL AT RISK OF FLOODING' banner. To the right, a 'Report Summary' section features a 'Map Summary: RMS Flood Risk - 1 in 100 year risk' with a map of the area. Below the map, there is a '0 Year Risk' legend for 'Defended Flood Depths' (0-200mm, 201-500mm, 501-2000mm, 2001+mm) and 'Undeveloped Flood' (Pluvial & Minor River Flood). The bottom section, 'Environment Summary for RG6 4HH', provides detailed information about flood risk, including a 'Flood' section with a 'No' result, a 'Subsidence' section with a 'Low' result, and a 'Radon' section with a 'No' result.

<http://www.homecheckflood.co.uk/>

Aujourd'hui le système est automatisé. LandMark est considéré comme un expert généralisé dans la qualité des données et possède une grande part du marché dans ce domaine. En tant qu'expert métier, LandMark récolte la donnée brute, la traite et la nettoie pour ensuite la redistribuer aux fournisseurs de données (ex : Ordonance Survey, British Geological Survey, Environment Agency, etc) et / ou créer des rapports personnalisés à la demande des clients (figure ci-dessous).



### Organisation des services de LandMark Information Group.

Il n'y a pas de partenariat avec les clients. LandMark est un prestataire de service dans la qualité et la mise à disposition des données. Aucune plus-value n'est faite en interne, la seule plus-value est réalisée par les clients qui s'approprient la donnée pour la croiser avec d'autres. Au travers de cette extension, il y a un accompagnement des clients dans leur démarche commerciale. Ces derniers acquièrent des licences pour accéder aux données. Contrairement à la France, la donnée publique n'est pas taxée par contre l'utilisation des données par les clients où les fournisseurs de données est redevable (royalties).

Parmi les services web développés par LandMark, Homecheck est un service gratuit destiné au grand public. Par l'édition d'un code postal sur l'interface du service web, le particulier est en mesure de faire un état des risques environnementaux de type inondation auxquels son habitat est exposé. Cet outil n'a pas vocation d'être employé comme un système d'aide à la décision quant à la convenance ou à l'évaluation d'une propriété. Ce service est utilisé à titre informatif. LandMark renvoie les particuliers vers des experts confirmés (ex : notaires, etc) avant de prendre une décision liée à l'acquisition ou la vente d'un bien immobilier.

La fréquentation de l'ensemble des applications développées par LandMark, ainsi que leurs mises à jour récurrentes, témoignent de la réussite d'un partenariat Public / Privé où des informations produites par des organismes gouvernementaux sont valorisées au travers de services Web.



## ANNEXE 6 - « Flood Animation Studio » de l'Université de Hambourg

**TUHH**

Technische Universität Hamburg-Harburg

TUHH-Institut für WASSERBAU-D-21071 Hamburg

**WASSERBAU**  
River and Coastal Engineering

### Flood Animation Studio

*Objective: Raising flood risk awareness of stakeholders*

- Composed of *flood cylinders* and *flood animation box*.



Fig. 1 Flood Animation Studio during the public event KlimaWoche in Hamburg, September 2010

*Flood cylinders* represent a set of 24 flood cylinders (2m, Ø20cm) (Geißler, 2006) that can be filled with water in real time, enabling envisaging and simulation of “real” flood events. They are connected to a GIS-flood map, enabling the user to fill the cylinders with water up to the level that corresponds to the flood probability of the location of interest (i.e. own property or neighbourhood). Emotional situation is created by walking through a “forest” of water columns.

creating a feeling of continuous water body, surrounding the observers, which they can regard or even walk through (Pasche et al, 2007).

The cylinders are used for better visualisation of the source characteristics i.e. flood typology. For example, for the urban pluvial floods, the aspect of rapid and sudden raise of flood level is simulated by rapid filling of cylinders with water, which gives an idea on how uncontrollable such a process can be.



**Fig. 2 Flood Cylinders as a part of the FAS**

**Flood animation box:** The effect of cylinders is supported by envisaging of the *extent of potential damage* by means of the flood animation box (2×2×2m). The box contents, that can be exchanged, are selected in a way to appeal to the emotions of the observers, showing a common situation/space in their daily lives (e.g. living room, office). The box elements demonstrate the vulnerability of different building fabric and inventory.

The box is circled by the cylinders, creating the impression of their physical unity where the cylinders represent *source* of flooding and a threat for the *receptor* i.e. flood box. The water level in flood box is coordinated with the water level in cylinders, depending on the selected value in

the flood map. The users can interact with the FAS by setting the water depth, but also touching, feeling and moving the items of the flood box.



**Fig. 3 Flood Animation Box as a part of the FAS**

Media technology such as audio effects, animations, videos or light effects are being used to support identification with the flood problem and strengthen the local context and relevance of flood problem (e.g. filmed historic flood events in the area).

Appealing to emotions and further interactivity with the stakeholders in order to strengthen the experience effect has been achieved by active involvement of the stakeholders into the flooding process.

The test persons that are sitting in the flood box (2x2x2m), decorated as a living room are expected to react fast on the flood-warning signal by managing the evacuation of their belongings. In order to simulate this lack of time and represent the situation in a most realistic way on a very small area, the test persons are given specific tasks such as unscrewing of certain objects (e.g. monitor), searching the shelves in the box for documents or making selection between items of high personal (e.g. photos) and logistic values in a case of emergency (e.g. emergency toolkit).

Those items should be temporarily stored in the box at a place, which the test persons considered as safe (e.g. chair, or shelves), before they are finally evacuated from the box. The number of the tasks and the level of difficulty depend on the number of test people and their profile (young, old, male/female) as well as concrete problems to be addressed. A frame program of the flood training is composed of 3 main phases being preparation, action and analysis. For assessing its performance, interviews with the test persons before and after are conducted and the procedure recorded.



**Fig. 4 Flood Simulations in the FAS**

## ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

ACB : Analyse coût bénéfice  
AFPCN : Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles  
AQC : Agence Qualité Construction  
ANAH : Agence Nationale de l'Habitat  
AZI : Atlas de zones inondables  
BD : Base de Données  
BCT : Bureau central de tarification  
BIPCP : Bureau de l'information préventive, de la coordination et de la prospective  
BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières  
CATNAT : Catastrophe naturelle  
CCI : Chambre du Commerce et de l'Industrie  
CCR : Caisse Centrale de Réassurance  
CEPRI : Centre européen de prévention du risque d'inondation  
CERDACC : Centre européen de recherche sur le droit des accidents collectifs et des catastrophes  
CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports et l'urbanisme  
CGDD : Commissariat Général au Développement Durable  
CGPC : Conseil général des Ponts et Chaussées  
CICH : Carte Informatrice des Crues Historiques  
CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés  
CEPR : Centre Européen de Prévention des Risques  
CPER : Contrat Projet Etat-Région  
CSTB : Centre scientifique, technique du bâtiment  
DCS : Dossier communal synthétique  
DDE : Direction départementale de l'équipement  
DDRM : Dossier départemental sur les risques majeurs  
DEFRA : Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA)/Environment Agency  
DDT : Directions départementales des territoires  
DGPR : Direction générale de la prévention des risques  
DGUHC : Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction  
DICRIM : Document d'information communal sur les risques majeurs  
DIREN : Direction régionale de l'environnement  
DPPR : Direction de la prévention des pollutions et des risques (ancienne appellation de la DGPR)  
DREAL : Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement  
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement  
EP Loire : Etablissement public Loire  
EPCI : établissements publics de coopération intercommunale  
EPRI : Evaluation préliminaire des risques d'inondation  
EPTB : Etablissements publics territoriaux de bassin  
ESPT : Etat de stress post traumatique  
FEDER : Fonds européen de développement régional  
FEMA: Federal emergency management agency  
FFSA : Fédération française des sociétés d'assurance  
FHRC : Flood Hazard Research Centre  
FPRNM : Fonds de prévention des risques naturels prévisibles

GEMA : Groupement des entreprises mutuelles d'assurances  
 IAL: Information acquéreur locataire  
 IFEN: Institut Français de l'environnement  
 IFEN : Institut français de l'environnement  
 IGA : Inspection générale de l'environnement  
 IGE : inspection générale de l'environnement  
 IGF : Inspection générale des Finances  
 IGN : Institut géographique national  
 INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques  
 INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale  
 INVS : Institut national veille sanitaire  
 IPSOS : Acteur d'études par enquêtes  
 MEDAD : Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, ancien  
 MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable, ancien MEDAD  
 MEEDDAT : Ministère de l'énergie, de l'écologie, du développement durable et de l'aménagement du territoire  
 MEDDTL : Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement  
 MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer  
 MNT : Modèle numérique de terrain  
 MRN : Mission risques naturels  
 OPAH : Opération programmée de l'amélioration de l'habitat  
 PAC : Porté à connaissance  
 PAP : Prêt d'accession à la propriété  
 PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations  
 PCS : Plan Communal de Sauvegarde  
 PER : Plans d'Exposition aux Risques  
 PERI : Plans d'Exposition aux Risques d'inondations  
 PFMS : Plan Familial de Mise en Sureté  
 PGRI : Plan de gestion des risques d'inondation  
 PHEC : Plus hautes eaux connues  
 PIG : Projet d'intérêt général  
 PLU : Plan local d'urbanisme  
 POS : Plan d'occupation des sols  
 PPMS : Plan Particulier de Mise en Sureté  
 PPP : Partenariat public privé  
 PPRI : Plan de prévention des risques d'inondations  
 PPRN : Plan de prévention des risques naturels  
 PR : Périmètre de risque  
 PSS : Plans de surfaces submersibles  
 REX : Retour d'expérience  
 RGE : Référentiel à grande échelle  
 R111-3 : Périmètres de risque au sens de l'article R111-3 du code de l'urbanisme  
 SCOT : Schéma de cohérence territoriale  
 SEEIDD : Service de l'Economie, de l'Evaluation et de l'Intégration du Développement Durable  
 CDSC : Conseil départemental de sécurité civile  
 SIG : Système d'information géographique  
 SRU : Solidarité et Renouvellement Urbain

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## FIGURES

Figure 1-1 Illustrations des habitats de Rochefort sur Loire .....	24
Figure 1-2 Evolution de la construction neuve entre 1990 et 2004, MTETM, Sítadel [CGDD, 2010].....	31
Figure 1-3 Prix moyen de vente des maisons anciennes. Bases immobilières des notaires, 2010 .....	34
Figure 1-4 Exposition des logements à l'aléa inondation [CHEMITTE, 2008] .....	38
Figure 1-5 Perturbation des fonctions vitales [DSC, 2010] .....	41
Figure 1-6 Répartition séculaire des victimes des crues méditerranéennes depuis le XIVème siècle en Languedoc Roussillon [ANTOINE and al, 2001] .....	44
Figure 1-7 "Scénario estimatif pour une maison de 100 m <sup>2</sup> " .....	48
Figure 2-1 Classification des AZI selon leur méthode de production et le niveau d'information disponible [CHEMITTE, 2008] .....	58
Figure 2-2 Trois stratégies techniques d'adaptation au risque [CEPRI, 2009].....	68
Figure 2-3 Exemple hollandais d'adaptation technique du bâti [FLOODsite, 2009] .....	69
Figure 2-4 Techniques de réduction de la vulnérabilité sur le bâti existant (EPTB Saône et Doubs).....	70
Figure 2-5 Un dispositif de batardeau [MEEDDAT - CSTB, 2009] .....	71
Figure 2-6 « Efficacité du batardeau artisanal » chez Monsieur Prévention.....	72
Figure 2-7 « Rentabilité » du batardeau artisanal.....	72
Figure 2-8 « Réaliser soi-même son batardeau » .....	74
Figure 2-9 Phases de la conduite de projet dans la réduction de la vulnérabilité du bâti [VINET, 2010] .....	77
Figure 2-10 Etat des lieux des acteurs, des outils et des données fondé sur la démarche d'évaluation du risque .....	79
Figure 2-11 Estimation de la population et des logements en zone inondable [IFEN, 2008].	81
Figure 2-12 Comparaison des méthodes d'évaluation [PAYRAUDEAU et al., 2008] .....	86
Figure 2-13 Illustration des différents modes de pénétration de l'eau .....	87
Figure 2-14 Structure d'un modèle catastrophe [CHEMITTE, 2008] .....	88
Figure 2-15 Exemple de courbe de dommages pour une maison avec étage et sous sol [VORONKOFF, 2010].....	89
Figure 2-16 Exposition du risque à l'adresse (source MRN, 2008).....	92
Figure 2-17 .....	97
Figure 3-1 Représentation de la « genèse du concept de vulnérabilité » [REGHEZZA, 2006] .....	109

Figure 3-2 « Genèse des représentations associées au terme de vulnérabilité » construit par [BARROCA B, 2006] d'après [REGHEZZA, 2006].....	110
Figure 3-3 Dommages matériels, structurels, fonctionnels [REGHEZZA, 2006] d'après [GLEYZE, 2005].....	113
Figure 3-4 Vulnérabilité matérielle, fonctionnelle et organisationnelle [REGHEZZA, 2006] .....	114
Figure 3-5 Récapitulatif des axes selon les critères d'évaluation de la vulnérabilité [CHAUVITEAU et VINET, 2006] .....	115
Figure 3-6 L'échelle de vulnérabilité humaine [CHAUVITEAU et VINET, 2006].....	115
Figure 3-7 Schématisation du système « risque d'inondation et entreprise ».....	116
Figure 3-8 Schématisation du système « risque d'inondation et habitat ».....	118
Figure 3-9 Typologie des conséquences d'une inondation sur l'environnement de l'habitat individuel.....	120
Figure 3-10 La formalisation des conséquences d'une inondation sur l'habitat en système	123
Figure 3-11 Représentation de l'endommagement des équipements et matériaux selon leurs effectifs et leurs coûts.....	125
Figure 3-12 : Représentation du coût moyen par type de dommages directs et indirects.....	126
Figure 4-1 Plan Influence / Dépendance du système .....	148
Figure 4-2 Changement d'échelle (matrice bornée à 40).....	151
Figure 4-3 Changement d'échelle (matrice bornée à 30).....	153
Figure 4-4 Nuage de points borné à 30 et élevé au carré .....	155
Figure 4-5 Trois dimensions de critères et de facteurs fondatrices du questionnaire de l'autodiagnostic .....	159
Figure 4-6 Schéma simplifié du système de vulnérabilité aux inondations de l'habitat individuel.....	161
Figure 4-7 Etapes de réalisation du diagnostic [CEPRI, 2010].....	163
Figure 4-8 Extrait du tableau de synthèse [CEPRI, 2010] .....	164
Figure 4-9 Récapitulatif des axes selon les critères d'évaluation de la vulnérabilité [CHAUVITEAU et VINET, 2006] .....	167
Figure 4-10 Les critères et les classes de la vulnérabilité humaine [CHAUVITEAU et VINET, 2006].....	167
Figure 4-11 L'échelle globale de vulnérabilité des ERP [CHAUVITEAU et VINET, 2006] .....	168
Figure 4-12 Modèle de fiche de diagnostic de vulnérabilité d'un ERP .....	169
Figure 4-13 Représentation simplifiée du principe de fonctionnement du système de l'outil d'autodiagnostic .....	173
Figure 4-14 La plateforme PREVENTEO® : extrait du module "COGNITEO®" articulé avec une plateforme géomatique .....	175

Figure 4-15 Représentation de six types constructifs de l’habitat individuel [EPPLGN, 2004] .....	177
Figure 4-16 Structuration, agencement et mise en forme des questionnaires de l'autodiagnostic.....	180
Figure 4-17 Articulation des questionnaires dédiés à la connaissance du risque inondation par le particulier.....	182
Figure 4-18 Illustration de la phase d’initialisation de l'autodiagnostic.....	190
Figure 4-19 Extrait de la fiche d’inscription .....	192
Figure 4-20 Extrait du questionnaire « Assurer la sécurité de vos biens » .....	193
Figure 4-21 Visualisation et identification des dommages et des recommandations associées à la sécurité des personnes .....	195
Figure 4-22 Le « podium » des vulnérabilités de l’habitat individuel face à l’inondation ...	196
Figure 4-23 Schématisation de l’observatoire de l’hABitat face au Risque Inondation (ABRI) .....	210
Figure 4-24 Plan Influence / Dépendance, extrait de la thèse de [MENGUAL, 2005].....	229
Figure 4-25 Morphologie des nuages de points, extrait de la thèse de [MENGUAL, 2005]	230



## TABLES

Table 1-1 Comparaison des estimations de dommages faites par les résidents et des indemnisations des assureurs relevés lors des enquêtes auprès de 3 types de personnes ayant vécues deux inondations en 1995 et 2000 ou 2003 [CAMP'HUIS, DEVAUX-ROS, 2006]... 46	46
Table 1-2 Arles 2003, exemples de coûts [CAMP'HUIS, DEVAUX-ROS, 2006] .....	47
Table 3-1 Répartition du coût moyen par type de travaux liés aux dommages immobiliers	127
Table 3-2 Répartition du coût moyen par type de biens immobiliers endommagés .....	128
Table 3-3 Répartition du coût moyen par type de biens mobiliers endommagés .....	128
Table 3-4 Répartition des coûts par type de dommages indirects .....	129
Table 3-5 Typologie des dommages à l'habitat individuel .....	130
Table 3-6 Représentation du poids de la superficie moyenne .....	132
Table 3-7 Représentation du poids du taux de conformité .....	132
Table 3-8 Représentation du poids de la hauteur d'eau .....	133
Table 3-9 Représentation du poids du montant des devis .....	133
Table 3-10 Représentation de la ventilation par type de dommages .....	134
Table 3-11 Représentation du coût moyen par type de biens .....	134
Table 3-12 Représentation du coût moyen par type de travaux .....	135
Table 3-13 Facteurs et indicateurs à l'échelle de la commune .....	137
Table 3-14 Critères liés à l'exposition de l'habitat individuel .....	137
Table 3-15 Critères liés à la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle .....	139
Table 3-16 Critères liés à la vulnérabilité matérielle et fonctionnelle (suite) .....	140
Table 3-17 Critères liés à la vulnérabilité structurelle .....	140
Table 3-18 Critères liés à la vulnérabilité organisationnelle .....	141
Table 3-19 Critères liés à la vulnérabilité humaine .....	142
Table 3-20 Critères liés à la vulnérabilité économique .....	142
Table 4-1 Extrait de la matrice Booléenne .....	147
Table 4-2 Critères issus du nuage de points .....	148
Table 4-3 Facteurs et critères issus du nuage de points borné à 40. ....	149
Table 4-4 : Facteurs et critères issus du nuage de points borné à 30. ....	152
Table 4-5 Critères issus du nuage de points borné à 30 et élevé au carré .....	155
Table 4-6 Synthèse des facteurs et critères moteurs .....	156
Table 4-7 Synthèse des facteurs et critères enjeux .....	158
Table 4-8 Synthèse des critères résultats .....	158
Table 4-9 Avantages et inconvénients d'une évaluation avec ou sans enquêteur .....	172

Table 4-10 Avantages et inconvénients des questions ouvertes d'après les travaux de Hervé Fenneteau [FENNETEAU, 2007] .....	178
Table 4-11 Avantages et inconvénients des questions fermées d'après les travaux de Hervé Fenneteau [FENNETEAU, 2007] .....	179
Table 4-12 Exemples de formalisation des connaissances.....	183
Table 4-13 Facteurs « extrinsèques » majeurs à l'échelle de la commune, extrait du tableau sur les facteurs « extrinsèques » .....	186
Table 4-14 Recensement des données géographiques et non géographiques, extrait de [CHEMITTE, 2008] .....	187
Table 4-15 Phase d'initialisation de l'autodiagnostic.....	189

## BIBLIOGRAPHIE

- ALVAREZ J., 2007, Du jeu Vidéo au Serious Game, Approches culturelle, pragmatique et formelle, Thèse spécialité science de la communication et de l'information, Université de Toulouse II.
- American Psychiatric Association, 1996, Manuel diagnostique et statistiques des troubles mentaux. DSM-IV. Paris : Masson, 1996.
- ANTOINE J.M., B. Desailly et F. Gazelle, 2001, Les crues meurtrières, du Roussillon aux Cévennes. Annales de Géographie. 2001, t. 110, n°622. p597-623.
- ANZIANI A., 2010 (a), "Xynthia : les leçons d'une catastrophe". Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia, Sénat, n° 554, 10 Juin 2010.
- ANZIANI A., 2010 (b), Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia. Sénat, n° 647, 7 Juillet 2010.
- AQC., 2009, L'évolution des parts du marché des produits et matériaux de la construction. Ed. Agence Qualité Construction.
- ASCA, 2001, Autodiagnostic des vulnérabilités des activités agricoles, versions provisoire, 19 p.
- Assemblée Nationale., 2010, Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les raisons des dégâts provoqués par la tempête Xynthia, Assemblée Nationale, Rapport d'information n°2697, 1er Juillet 2010
- BARBEREAU D et BALMES JJ., 2007, Le rôle de l'assureur sur le terrain, Le coordinateur de la cellule de crise et l'expert. 2ème Rencontres Géographes et Assureurs face aux risques naturels, Développement Urbain et Risque d'inondation dans le midi Méditerranéen. Actes de colloque du 8 juin 2007.
- BARROCA B., 2006, Risques et vulnérabilités territoriales. Les inondations en milieu urbain. Thèse décembre 2006. Université de Marne la Vallée, Génie urbain - aménagement de l'espace, urbanisme
- BEUCHER S, RODE S., 2009, L'aménagement des territoires face au risque d'inondation : regards croisés sur la Loire moyenne et le Val de Marne, Mappemonde 2009.
- BOURLIER P., 2002, Les territoires de la maison paysanne : vers une dépossession (consentante) du pays ?, Valeurs du territoire, 13 - 2002 : Numéro 13, p 51- 68.
- BOURRELIER P.H., 1997, Rapport de l'instance de l'évaluation relatif à la prévention des risques naturels. Aubervilliers : La documentation Française.
- BRUHNES J., 1934, Géographie humaine. 4e éd. Paris, Alcan, 3 vol.

- BRUNET R and al., 1992, Les mots de la géographie. Dictionnaire critique, Reclus. La Documentation française.
- CAILLY L., 2009, La géographie, science de l'habiter (et des espaces habités). Principes et perspectives d'un nouveau paradigme disciplinaire. MCD au département de géographie Université Francois Rabelais (Tours).
- CALYXIS, 2010 (a), Analyse des dossiers sinistres de l'inondation de la commune d'Arles en 2003. Document technique. Juillet 2010.
- CALYXIS, 2010 (b), Suivi de mission d'expert en assurance sur les lieux de la tempête Xynthia. Document technique. Mars 2010.
- CAMP'HUIS N, DEVAUX-ROS C., 2006, Le diagnostic de vulnérabilité à l'inondation : un outil de prévention efficace, Equipe Pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature, Responsabilité & Environnement, n°43 Juillet 2006.
- CEPRI., 2008, Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation, Manuel des pratiques existantes, Juin 2008.
- CEPRI., 2009, Un logement "zéro dommage" face au risque d'inondation est-il possible ? Rapport du CEPRI.
- CEPRI., 2010, Le bâtiment face à l'inondation, Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité. Guide méthodologique du CEPRI.
- CETE Méditerranée 2005, Vulnérabilité des bâtis aux inondations. Analyse des dossiers de sinistres suite aux inondations de Septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes. Les études.
- CETE Méditerranée, 2011, Crues des 15 et 16 Juin 2010, Retours d'expérience. Journée du 15 Mars 2011. Etudes sur les situations de danger.
- CGDD., 2009, Croissance du nombre de logement en zones inondables, Le point sur n°6, Février 2009.
- CGDD., 2010, Coûts et avantages des différentes formes urbaines. Etudes et Documents. Synthèse de la littérature économique. n°18 Mars 2010.
- CHARDON A.C., 1991, Vulnérabilité de la ville de Manizale (Colombie) et de sa population face aux risques "naturels" : le passé et le présent l'attestent : l'aléa a fait place au risque, mémoire de DEA, Université Joseph Fourier, Grenoble, 103p.
- CHAUVITEAU C et VINET F., 2006, La vulnérabilité des établissements recevant du public et des entreprises face aux inondations : une méthode d'analyse appliquée dans le Bassin de l'Orb (Hérault). Ingénieries, n°46, p. 15-33.
- 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 Mines ParisTech.

COLBEAU-JUSTIN L et DE VANSSAY B., 2001, Analyse psychosociologique auprès des sinistrés des inondations de la Somme, 2001.

CSTB., 2005, Les conséquences économiques des évolutions législatives, réglementaires et normatives. Maison individuelle, Août 2005.

DAANISH M., 1998, Structural Causes of Vulnerability to Flood Hazard in Pakistan Economic Geographiy 74(3).

DEFFONTAINES P., 1972, L'Homme et sa maison, Paris, Gallimard, 254 p.

DEFRA and EA., 2008, Developing the evidence base for flood resistance and resilience, Juin 2008

DEFRA/Environment Agency, 2003, Flood risk to people : phase 1, 123 p.

DEMANGEON A., 1938, Essai une classification des maisons rurales, Travaux du premier congrès International de folklore. Paris, 1937, Tours, Arrault, p44-48.

D'ERCOLE R et al., 1994, La vulnérabilité des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modèles d'analyse », Revue de géographie Alpine, vol. 82, n°4, 1994, p. 87-96.

D'ERCOLE R et METZGER P., 2009 (a), Enjeux territoriaux et vulnérabilité : une approche opérationnelle, in Becerra, S. et Peltier, A. (Ed) (2009) Risques et environnement : Recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés, L'Harmattan, Paris, p.23-40.

D'ERCOLE R et METZGER P., 2009 (b), La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain, Cybergeog : European Journal of Geography, Vulnérabilités urbaines au sud, article 447, mis en ligne le 31 mars 2009, modifié le 14 mai 2009

D'ERCOLE R., 1991, Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur) – Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 460p.

D'ERCOLE R., 1994, Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : Concepts, typologie, modes d'analyse ", Revue de Géographie Alpine, n°4, p. 87-96.

DGUHC et CSTB., 2005, Inondations – Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation. Communication DGUHC.

DOURLENS C., 2003, La question des inondations : le prisme des sciences sociales, rapport au Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (DRAST).

DRE Bretagne., 2004, Rendre son habitation moins vulnérable aux inondations. Guide à l'usage des professionnels.

- DSC., 2010, ORSEC Plan Familial de Mise en Sûreté (PFMS) : Je me protège en famille, Novembre 2010.
- EDATER et LEDOUX., 2002, Retour d'expérience sur l'inondation de l'habitat et de l'habitant : enquête en Bretagne et sur la Saône.
- EGLI T., 2002, Prévention du risque de dommages liés aux inondations : Mesures générales et leur efficacité", Commission Internationale pour la Protection du Rhin (IKSR-CIPRICBR).
- EPAMA-BCEOM., 2003, Projet de zone de ralentissement dynamique des crues du bassin de la Meuse, Rapport d'étude, 2003.
- EPPLGN, 2004, Etude relative à la réduction de la vulnérabilité de l'habitat dans le Val de Loire. Document technique.
- ERNER G., 2006, La maison individuelle au coeur de la renaissance des territoires, Etude commandée par l'UNCMI.
- FABIANI et THEYS., 1987, La société vulnérable: évaluer et maîtriser les risques, Presses de l'Ecole normale supérieure, Paris, 674p.
- FENNETEAU H., 2007, Enquête : entretien et questionnaire. 2ème édition. Dunod Paris, Les topos.
- FFSA et GEMA, 2011, Inondations du Var des 15 et 16 juin 2010, Synthèse, Bilan chiffré au 31 Mai 2011.
- FFSA., 2011, Inondations du Var : des sinistres expertisés.  
[http://www.ffsa.fr/sites/jcms/p1\\_394224/inondations-du-var-des-sinistres-expertises?cc=fn\\_7360](http://www.ffsa.fr/sites/jcms/p1_394224/inondations-du-var-des-sinistres-expertises?cc=fn_7360)
- FHRC., 2005, The benefits of flood and coastal risk management. A handbook of assessment techniques. Middlesex University press
- FIJALKOW Y et LEVY J., 2008, Un siècle d'étude sur l'habitat français en géographie urbaine (1900-2000). Annales de géographe, 2008/4 (N°662), Armand Colin.
- FLOODsite., 2009, Flood Risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOOsite (an EU-funded Integrated Project), 2009  
[http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FD2607\\_7322\\_TRP.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FD2607_7322_TRP.pdf)
- GARRY G., 1994, Evolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France
- GERIN S., 2011, Une démarche évolutive des Plans de Prévention des Risques dans le contexte de l'assurance des catastrophes naturelles : Contribution au changement de l'action publique de prévention, janvier 2011
- GERSONIUS B, ZEVENBERGEN C and al., 2008, Efficiency of private flood proofing of new building –Adapted redevelopment of a floodplain in Netherlands, 2008.

- GLEYZE JF., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques, Thèse de doctorat, Université Paris VII – Laboratoire COGIT-IGN.
- GRELOT F., 2004, Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ? Thèse de doctorat en sciences économiques, ENSAM, p383.
- GUIRAUD P., 1980, Le langage du corps, Paris PUF.
- GUYARD B., 2006, Habitat individuel et développement durable, Septembre 2006.
- HATEM F, ROUBELAT F, CAZES B., 1993, La prospective, Pratiques et Méthodes. Collection Gestion, Edition Economica, Chapitre 8, p251-263
- HAUMONT A. et N., RAYMOND H., 2001, L'habitat pavillonnaire, PUF, réédition L'Harmattan, 2001.
- HAUMONT N., 2001, Les pavillons : étude psychosociologique d'un mode d'habitat, l'Harmattan, 2001, coll. Habitat et sociétés.
- HEIDEGGER M., 1954, Bâtir habiter penser et Homme habite en poète in Essais et conférences éd aill 1954 Paris Gallimard.
- HEIDEGGER M., 1986, Être et temps – Gallimard, Bibliothèque de Philosophie. Paris. 590 pages.
- HUBERT G., LEDOUX B., 1999, Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations. Presses de l'ENPC, 232 pages.
- HUET P., 2003, Retour d'expérience des Crues de septembre 2002, Dans les Départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme.
- HYDRATEC and SIEE., 1998, Evaluation des dommages liés aux crues en Région Ile de France, 1998
- IFEN., 2008, Observation des enjeux, Estimation des populations et des logements en zone inondable, Janvier 2008
- IGA and al, 2010, Retour d'expérience des inondations survenues dans le département du Var les 15 et 16 juin 2010. Mission d'expertise pour le compte des ministères de l'écologie et de l'intérieur, octobre 2010. 87 p.
- IGF et al., 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.
- INSEE., 2010, [www.insee.fr/](http://www.insee.fr/)
- INSEE., 2011, [www.insee.fr/](http://www.insee.fr/)
- INVS., 2002, Etudes des conséquences psychologiques des inondations des bases de données de

l'Assurance maladie, département du Gard.

INVS., 2010, Surveillance sanitaire en Poitou-Charentes, Surveillance des conséquences psychologiques de la tempête Xynthia en Charente Maritime. Bulletin n°3 du 06 août 2010.

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 2009. Ecole des mines Paristech-Sciences et génie des activités à risques.

JONKMAN S.N., 2007, Loss of life estimation in flood risk assessment-theory and applications, PhD thesis, Delft University.

JONKMAN S.N., P.H.A.J.M. VAN GELDER, J.K. VRIJLING, 2003, An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage, Journal of Hazardous Materials, 99, p. 1-30.

JONKMAN SN et I. KELMAN, 2005, An analysis of causes and circumstances of flood disaster deaths, Disasters 29(1), p. 75-97.

JONKMAN, S. N., 2005, Global perspectives on loss of human life caused by floods, Natural Hazards Rev., 34, p. 151-175.

LAGANIER R., 2006, Territoires, inondation et figures du risque – La prévention au prisme de l'évaluation, Itinéraire géographique. Paris : L'Harmattan.

LANGUMIER A., 2001, Diagnostic de vulnérabilité aux inondations des services d'eau : Guide méthodologique. Equipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. Eco décision 2001

LANGUMIER J., 2007, Le modèle périurbain à l'épreuve de la catastrophe, ethnographie d'un village du Narbonnais touché par des inondations catastrophiques. Métropole n°1

LEDOUX B et SAGERIS., 2000, Guide pour la conduite des Diagnostics des vulnérabilités aux inondations pour les entreprises Industrielles. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et équipe multidisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

LEDOUX B., 2006, La gestion du risque d'inondation, Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LEGUE P., 2008, Habiter La Maison Individuelle. Ed. CAUE 17.

LEONE F et VINET F., 2006, La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques. Coll. « Géorisques » n° 1, ISSN 1956-4252. 144p.

LEONE F., 1996, Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvement de terrain. Thèse de doctorat de l'université de Joseph Fournier Grenoble I, 274p.

LEVY J et LUSSAULT M., 2003, Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des sociétés. Paris, Belin.

- LUSSAULT M., 2007, L'homme spatial. La construction sociale de l'espace humain. Seuil, 2007.
- MADORE F., 2005, Sociologie de l'habitat en France. Séminaire LEROY MERLIN. Nantes 13 janvier 2005.
- MEDD-DPPR., 2005 (a), Eléments pour l'élaboration des plans de prévention du risque inondation : La mitigation en zone inondable. Réduire la vulnérabilité des biens existants. Document d'étape. Mars 2005.
- MEDD-DPPR., 2005 (b), Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis à vis de l'inondation. 2005.
- MEDDTL., 2010, Portail sur la prévention des risques naturels, [www.prim.net](http://www.prim.net).
- MEEDDAT - CSTB., 2009, Quelle efficacité pour un batardeau ?, Document technique.
- MEEDDAT - DGPR., 2008 (a), Quinze expériences de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques naturels. Les études de cas, MEEDDAT, CERTU, EP-Loire. 36 p.
- MEEDDAT - DGPR., 2008 (b), Quinze expériences de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques naturels, Retours d'expériences risques naturels majeurs. Quels enseignements ? MEEDDAT, CERTU, EP-Loire. 36 p.
- MENGUAL PG et GUARNIERI F., 2006, Conception, réalisation et expérimentations d'un outil d'autodiagnostic des vulnérabilités des PME-PMI aux inondations. La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques. Coll. « Géorisques » n° 1 p89 -97
- MENGUAL PG., 2008, La réduction de la vulnérabilité des PME-PMI aux inondations. Collection Science du Risque et du Danger (SRD), série Innovations, Edition Tec et Doc Lavoisier.
- PARAYDEAU S. et al, 2008, « Inondation en espace péri-urbain : convoquer un éventail de disciplines pour analyser l'aléa et la vulnérabilité de la basse-Bruche (Alsace) », actes du colloque « Vulnérabilités sociétales, risques et environnement. Comprendre et évaluer », Université Toulouse – le Mirail, 14, 15 et 16 mai 2008
- PAYRAUDEAU et al., 2008, Inondation en espace péri-urbain : convoquer un éventail de disciplines pour analyser l'aléa et la vulnérabilité de la Basse-Bruche (Alsace), actes du colloque "Vulnérabilités sociales, risques et environnement. Comprendre et évaluer", Université Toulouse - le Mirail, 14, 15 et 16 mai 2008.
- PENNING-ROUSELL E., 1999, Evaluating the socio economic impacts of flooding – the situation in England and Wales. In HUBERT G., LEDOUX B., "Le coût du risque ... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Paris, Presses de l'ENPC, pp.177-189, 1999.
- PEZEU-MASSABUAU J., 1983, La Maison, espace social. Paris PUF n° 252.

- PICO L., 2008, Assurer le risque, modéliser la vulnérabilité ; de l'approche actuarielle à l'approche territoriale des risques. Colloque vulnérabilités sociétales, risques et environnement. Toulouse, 14-16 mai 2008
- PIELKE R.A., 2000, Flood impacts on society : damaging floods as a framework for assessment in Parker D.J. Floods
- PONDAVEN., 2010, La commune et les inondations, Les indispensables. Ed : Groupe Berger Levrault.
- PORNON H. et NOUCHER M., 2007, Vers des SIG plus collaboratifs : les communautés de pratique, Géomatique Expert N°59, octobre-novembre 2007.
- POTTIER N et HUBERT G., 1998, Evaluation de l'efficacité des mesures réglementaire
- PRADELLES S ., 2005, Evolution de la vulnérabilité du bâti sur une commune soumise a un risque inondation: le cas de Villeuneuve les Beziers. Mémoire de Master 1, F.VINET (Dir), université Paul Valéry Montpellier III.
- RATIU., 2001, Construction du "Chez-soi" et logement précaire, LPENV.
- REGHEZZA M., 2006, Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale, thèse Université Paris X - Nanterre.
- RELIANT C et HUBERT G., 2004, Politique de prévention des risques d'inondation et expertises socio-économiques : exemple de l'Angleterre, rapport final Programme de recherche « Risque Inondation 2 » (RIO 2), Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale.
- RELIANT C., 2004, L'expertise comme outil de territorialisation d'une politique publique ? Fonctions et usages de l'expertise socio-économique dans la politique d'aménagement des zones inondables en France et en Angleterre. Thèse : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Centre de recherche d'enseignement et de recherche, eau, ville, environnement.
- RODRIGUEZ G., 2005, La maison idéale - l'idéal de la maison. Hypothèses sur le futur de l'habitat. Séminaire LEROY MERLIN. Nantes 13 janvier 2005.
- RUIN I., 2007, Conduite à contre-courant, Les pratiques de mobilité dans le Gard : facteur de vulnérabilité aux crues rapides, Thèse en Géographie, Université de Grenoble 1.
- SALAGNAC JL et BESSIS B., 2006, Réduire la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable, 2006
- SALAGNAC JL., 2006, Vulnérabilité des bâtiments à l'inondation : qualification du comportement des matériaux, Décembre 2006.
- SANSEVERINO-GODFRIN., 2008, Le cadre juridique de la gestion des risques naturels. Coll

Sciences du risque et du danger, série note de synthèse et de recherche.

SEGAUD and al, 2003, Dictionnaire critique de l'habitat et du logement Paris, Editions Armand Colin, 2003.

SIRET D et RODRIGUEZ G., 2006, Evolution de la maison individuelle à travers le discours des petites annonces : une étude prospective. Rapport final. Laboratoire CERMA. Ecole Nationale d'architecture de Nantes.

SMITH S.G., 1994, The essential qualities of a home. *Journal of environmental Psychology*, 14, 31-46.

STASZAK JF., 2001, L'espace domestique: pour une géographie de l'intérieur. *Annale de géographie*, 2001 N°620.

TAPSELL S.M., PENNING-RWSEL E., TUNSTALL S. M.et WILSON T. L., 2002, Vulnerability to flooding : health and social dimensions, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 360, 1511-1525"

TORTEROTOT JP., 1993, Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes. Thèse de doctorat de l'ENPC.

TUNSTALL S, and al., 2006, The health effects of flooding social research results from England and Wales, 2006, *Journal of Water and Health*.

VALY J., 2009, L'implantation urbaine en zone inondable : exemple de deux communes d'Ille et Vilaine. Laboratoire COSTEL, UMR LETG CNRS 6554, Université Rennes 2 – Haute Bretagne. N°96 (4-2009).

VERGER P and al., 1997, Evaluation épidémiologique des effets psychologiques des inondations de 1992 dans le Vaucluse. Etude épidémiologique transversale dans la commune de Bédarrides en 1997. Rapport scientifique.

VERGER P and al., 2003, Assessment of exposure to a flood disaster in a mental-health study. *Journal of exposure Analysis and Environmental Epidemiology* (2003) 13, p 436-442.

VEYRET Y., REGHEZZA M., 2006, Vulnérabilité et risques, L'approche récente de la vulnérabilité, *Annales des mines*, 2006, n°43.

VINEF F et DEFOSSEZ S., 2006, La représentation du risque d'inondation et de sa prévention, in Laganier, R. (Ed) (2006) *Territoires, inondation et figures du risque – La prévention au prisme de l'évaluation*, Itinéraire géographique. Paris : L'Harmattan.

VINET F, BOISSIER L et DEFOSSEZ S., 2011, La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles : deux inondations récentes en France (Xynthia, Var, 2010)

VINET F., 2003, Crues et Inondations dans la France Méditerranéenne - Les Crues Torrentielles Des

12 et 13 Novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales, Hérault). Edition Du Temps.

VINET F., 2010, Le risque inondation. Diagnostic et gestion, Collection Science du Risque et du Danger (SRD), série Innovations, Edition Tec et Doc Lavoisier.

VORONKOFF M., 2010, La modélisation des dommages et pertes financières consécutives aux inondations, EQECAT.

WYBO JL., and al., 2003, Méthodologie de retour d'expérience des actions de gestion des risques. Rapport MEDD, Programme EPR.



## **Contribution à la caractérisation de la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation – Vers un outil d'autodiagnostic**

**RESUME :** La fréquence des événements naturels, l'augmentation du coût de la sinistralité et les conséquences socio-économiques affectant les particuliers et leurs biens sont autant d'indicateurs qui amènent les pouvoirs publics et la profession de l'assurance à s'orienter vers une meilleure connaissance de la vulnérabilité de l'habitat face au risque inondation ceci dans un contexte où la politique publique de prévention est en évolution. De par leur appartenance aux valeurs de l'économie sociale, les Mutuelles d'Assurance Niortaises, accompagnées des Collectivités Territoriales ont chargé un centre de recherche appliquée à la prévention des risques à la personne, CALYXIS, d'une étude prospective sur cette problématique. Cette thèse présente la démarche de conception d'un outil d'évaluation et s'interroge sur les modalités de déploiement et d'appropriation de ce dernier. La démarche présentée se positionne selon une « approche horizontale » du point de vue de la sphère publique et de la sphère privée et vise à répondre aux besoins de l'intérêt général en responsabilisant les particuliers à la prévention et en favorisant une « approche verticale ». Elle repose sur une méthode de conception d'un autodiagnostic permettant l'identification, la qualification et la réduction des vulnérabilités de l'habitat des particuliers aux inondations. Sur la base d'un apport de connaissances scientifiques et techniques d'experts en assurance complété d'enquêtes de terrain et d'une étude expérimentale des dossiers sinistres inondation CatNat, le travail de modélisation de notre objet d'étude a abouti à un inventaire de facteurs « intrinsèques » et « extrinsèques » pouvant aggraver ou diminuer les dommages à l'échelle micro-économique. La variabilité de ces indicateurs aide à établir des profils de vulnérabilité pour lesquels nous définissons des plans d'actions. Cette démarche doit renforcer d'une part, le positionnement du particulier dans la gestion du risque inondation et d'autre part le positionnement des pouvoirs publics et de la profession de l'assurance dans leur intégration de nouvelles connaissances et leur participation à l'orientation des changements en cours.

**MOTS CLES :** Habitat individuel, Habitat du particulier, risque d'inondation, vulnérabilité, autodiagnostic, prévention, assurance, politique de prévention.

### **Characterize the vulnerability of households to flooding – Towards a self-diagnostic tool**

**ABSTRACT :** In France, as in many other countries, the framework for public prevention policy is changing. The increasing frequency of natural disasters, the consequent rise in loss ratios and the socio-economic impact on individuals and their property are all factors that have prompted government and the insurance industry to deepen their understanding of the vulnerability of households to flooding. As a demonstration of their commitment to socio-economic values, the Mutuelles d'Assurance Niortaises (an association of French insurance companies), in collaboration with local authorities, appointed CALYXIS (a European research centre specialised in risk prevention) to carry out a prospective study. This thesis describes the process undertaken by CALYXIS for the design of an assessment tool (like a "Serious Game"), and investigates its deployment modalities and questions of ownership. From the point of view of public and private spheres of activity it takes a 'horizontal' approach; at the same time it aims to meet the needs of the general public by empowering households in the area of prevention through the promotion of a 'vertical' approach. It proposes a design for a self-diagnostic method which makes it possible to identify, describe and reduce the vulnerability of households to flooding. The work is based on scientific and technical contributions from insurance experts, complemented by fieldwork and an experimental study of flood claim files from CatNat (CATastrophes NATurelles, a French organisation that monitors natural disasters). The result of this modelling is an inventory of 'intrinsic' and 'extrinsic' factors, which exacerbate or reduce damage at the micro-economic level. Variability in these factors is used to draw up vulnerability profiles that are used to define action plans. The aim of the approach is, on the one hand, to strengthen the position of the individual in managing flood risk, and on the other hand, to improve the ability of government and the insurance industry to integrate new knowledge and inform the direction they take in the development of current policy.

**KEYWORDS :** Individual home, Household, Flood risk, Vulnerability, Self-diagnostic, prevention, insurance, prevention policy.