Centre Régional de Recherche en Sciences Sociales- Lessor

PROJET DE RECHERCHE PIRVE 20-2051

VULNERABILITE ET RESILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MILIEU URBAIN : VERS DE NOUVELLES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT URBAIN DURABLE ?

RAPPORT FINAL

VOLUME 1

Béatrice QUENAULT (Coord.)

JUIN 2011

Axe 3. Les futurs de la ville entre vulnérabilité et durabilité

Convention de Subvention : SUB 2009/0072/DR16

- Responsable scientifique :

QUENAULT Béatrice, Université Rennes 2, Campus Villejean, Place du Recteur Henri Le Moal, CS 24307, 35043 Rennes Cedex, 02-99-14-10-00, beatrice.quenault@univ-rennes2.fr

- Composition de l'équipe :

- BERTRAND François, ingénieur de recherche en aménagement et urbanisme, équipe COST (UMR 6173 CITERES), Université de Tours
- BLOND Nadège, CR2 CNRS en physique-chimie de l'atmosphère, LIVE (ERL7230, UMR 7011), Faculté de géographie, Université de Strasbourg
- BOIDIN Bruno, CLERSE (UMR 8019)-IFRESI, Université Lille 1
- CLAPPIER Alain, LIVE (ERL7230, UMR 7011), Faculté de géographie, Université de Strasbourg
- GLATRON Sandrine, CNRS, LIVE (ERL7230, UMR 7011), Faculté de géographie, Université de Strasbourg
- PEYRACHE-GADEAU Véronique, maître de conférences en économie, EDYTEM (UMR 5204), Université de Savoie
- PIGEON Patrick, professeur en géographie, EDYTEM (UMR 5204), Université de Savoie
- QUENAULT Béatrice, maître de conférences en économie, CRESS-Lessor (PPF), Maison de la Recherche en Sciences Sociales, Université Rennes 2
- ROCHER Laurence, maître de conférences en aménagement et urbanisme, Institut d'urbanisme de Lyon, Université Lyon 2, Environnement, ville, société (UMR 5600).
- TSAYEM DEMAZE Moïse, GREGUM (UMR 6590 ESO), Faculté des Lettres, Langues et Sciences humaines, Université du Maine
- VINUESA Jean-François, NOVELTIS, Toulouse

- Organismes partenaires et équipes impliquées

CITERES (Centre Interdisciplinaire CItés, TERritoires, Environnement et Sociétés, UMR 6173, Directrice : Corinne Larrue), **Équipe CoST** (Construction politique et sociale des territoires, responsable : Patrice Melé). CITERES, MSH Villes et Territoires, BP 60449, 37204 Tours cedex 03, +33 (0)2 47 36 15 35.

CLERSE (Centre Lillois d'Etudes et de Recherches Sociologiques et Economiques, UMR 8019, Directeur : Nicolas Vaneecloo), **Programme « Territoire, Environnement, Développement Durable (TEDD) »** (coordonné par Bertrand Zuindeau et Bruno Boidin). CLERSE, Programme TEDD, Université Lille 1, Bâtiment SH2, Cité scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex, France, +33 (0)3-20-43-66-17.

CRESS-Lessor (Centre de recherche en sciences sociales - Laboratoire d'économie et de sciences sociales de Rennes, PPF: programme pluriformation, Directeurs : Alain Amintas et Annie Junter), **Axe « Solidarités ».** CRESS-Lessor, Maison de la Recherche en Sciences Sociales, Université Rennes 2, Campus Villejean, Place du Recteur Henri Le Moal, CS 24307, 35043 Rennes Cedex, +33(0)2-99-14-10-00.

EDYTEM (Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne, UMR 5204, Directeur : Jean-Jacques Delannoy), **Équipe III** (**Ressources patrimoniales, vulnérabilités et recomposition des territoires de montagne**, Responsables : Christophe Gauchon et Jean Varlet). EDYTEM, Université de Savoie, CISM, Campus Scientifique, 73 376 Le Bourget du Lac cedex, +33 (0)4 79 75 86 20.

ESO (Espaces et Sociétés, UMR 6590, Directrice : Raymonde Séchet) - **Équipe GREGUM** (Groupe de REcherche en Géographie sociale de l'Université du Maine, Directeurs : Jeannine Corbonnois, Jacques Chevalier). ESO, Université Rennes 2, Maison de la Recherche en Sciences Sociales, Campus Villejean, Place du Recteur Henri Le Moal, CS 24307, 35043 Rennes Cedex. GREGUM, Faculté des Lettres, Langues et Sciences humaines, Université du Maine, avenue olivier Messiaen, 72085 LE MANS Cedex 9.

LIVE (Laboratoire Image Ville Environnement, UMR 7011, ERL7230, CNRS-Université de Strasbourg, Directeur : Christiane Weber), **Équipe « environnement urbain et risque environnementaux ».** Laboratoire Image et Ville, CNRS-Université de Strasbourg, 3 rue de l'Argonne, 67000 Strasbourg, + 33 (0)3.90.24.09.71.

NOVELTIS (société d'ingénierie scientifique dans le domaine de l'environnement et des sciences spatiales, Président Directeur Général : Richard BRU). NOVELTIS, Parc Technologique du Canal, 2 avenue de l'Europe, 31520 Ramonville Saint Agne, France : +33 (0)5.62.88.11.11 , richard.bru@noveltis.fr

Informations sur le rapport	
Titre du document :	**«Vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ?»**
Auteur principal :	**Béatrice QUENAULT**
Contributeurs :	**Patrick PIGEON, François BERTRAND, Nadège BLOND**
Date :	**Juin 2011**

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à l'équipe du CRESS-Lessor et, en particulier, à Marie-France Monnerais, Responsable administrative, et à Sébastien Bruneau, Secrétaire, pour leur compétence, leur disponibilité, leur efficacité ainsi que leur gentillesse.
Sans leur soutien, ce projet n'aurait tout simplement pu ni voir le jour, ni être mené à terme. C'est pourquoi nous leur sommes très reconnaissants.

Nous remercions également l'entreprise Noveltis d'avoir accepté de créer et d'héberger la plateforme collaborative que nous avons mise en place pour ce projet.

Sommaire

Glossaire des sigles et abréviations **6**
Table des figures **7**
Table des encadrés **8**
Résumé **9**
Avant-propos **13**

I. LA DIALECTIQUE VULNERABILITE/ADAPTATION OU LES FUTURS DE LA VILLE FACE AU DEFI CLIMATIQUE **22**

I.1. Les interrelations complexes de la ville et du changement climatique **24**

I.1.1. Contexte, objectif général et questions traitées *26*

Données de contexte : des aléas climatiques aux catastrophes comme expression des vulnérabilités urbaines 26
Objectif général de la recherche et questions traitées 40

I.1.2. Démarche et méthode de recherche : interdisciplinarité, conceptualisation et investigation *42*

Le cadre théorique de l'interdisciplinarité : Approche systémique, complexité, coévolution et incertitude 43
Théorisation et conceptualisation du couple vulnérabilité-adaptation 51
Investigations de terrain et appréciation de l'effectivité des réponses locales au défi climatique 54

I.2. Le triptyque vulnérabilité, résilience et adaptation : signification théorique et portée conceptuelle. **57**

I.2.1. Vulnérabilité *57*

La vulnérabilité dans le langage courant 58
La nature multifacette de la vulnérabilité dans le langage des risques naturels 59
Les différents cadres conceptuels et analytiques de la vulnérabilité dans le champ des risques et du changement climatique 72

I.2.2. Résilience *91*

Le concept de résilience en écologie 92
La résilience dans la littérature sur les aléas et le changement climatique 93
Résilience des SSE et approches systémiques 97
Les différentes conceptions du couple vulnérabilité/résilience aux aléas (climatiques) 106
Réexamen des relations entre résilience et capacité d'adaptation 112

I.2.3. Adaptation *116*
Les ambigüités sémantiques et différents usages scientifiques du terme adaptation 116
Le concept d'adaptation dans les sciences naturelles et humaines 118
Les différentes approches de l'adaptation dans la littérature sur le changement climatique 121
Pour une vision dynamique de l'adaptation au changement climatique comme résultat de l'exercice des capacités d'adaptation 125

II. LES VILLES COMME SYSTEMES COMPLEXES VULNERABLES, RESILIENTS ET ADAPTATIFS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE 135

II.1. Réinterprétation systémique du couple vulnérabilité/adaptation urbaine au changement climatique 135

II.1.1. Les pyramides inversées ou la double interprétation statique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique 136

L'interprétation « descendante »/« ascendante » du couple vulnérabilité/adaptation ou la vulnérabilité comme « point d'arrivée »/« point de départ » 136
Les conséquences de ces différences d'interprétation du couple vulnérabilité/adaptation 138
Le triple intérêt de la « figure des pyramides inversées » 140

II.1.2. La boucle infernale évitée ou la relecture systémique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique 141

La vulnérabilité urbaine au changement climatique entre complexité et incertitude 141
La coévolution du système urbain avec les risques climatiques 144
Le couple vulnérabilité/adaptation entre causalité circulaire et boucles de rétroactions ... 147

II.2. Bilan et perspectives de la recherche 176

II.2.1. Résultats de la recherche par rapport à l'état des connaissances et du débat scientifique afférent 176
II.2.2. Conduite du processus de recherche au plan opérationnel 179
II.2.3. Valorisation et perspectives 183

Bibliographie 186

III. ANNEXES 199

III.1. Pluridisciplinarité des équipes de recherche des organismes partenaires 199
III.2. Charte commune des mémoires de Master et des enquêtes de terrains 200

Glossaire des sigles et abréviations

AFPCN : Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles

CCNUCC : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

DIPCN : Décennie internationale pour la prévention des catastrophes naturelles

DUD : Développement urbain durable

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat

ICU : Ilot de chaleur urbain

IDNDR *: International Decade for Natural Disaster Reduction*

InVS : Institut national de Veille Sanitaire

OMM : Organisation météorologique mondiale

ONERC : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

ONU : Organisation des Nations Unies

PED : Pays en développement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SHS : Sciences humaines et sociales

SIPC : Société internationale de prévention des catastrophes

SSE : Systèmes socio-écologiques

UNISDR : *United Nations International Strategies for Disasters Reduction*

Table des figures

Figure 1. Quelques exemples de « chaînes d'impacts » mettant en évidence les conséquences des grandes évolutions climatiques à venir sur les activités humaines 28
Figure 2. Les différentes étapes d'une crise 36
Figure 3. Risques et catastrophes : un processus itératif 37
Figure 4. La coévolution urbaine et climatique comme plaidoyer pour une révision de la gestion traditionnelle des risques 38
Figure 5. Démarche méthodologique d'aller-retour entre la théorie et la pratique 42
Figure 6. Eléments de modélisation systémique 46
Figure 7. La version initiale du modèle PAR 47
Figure 8. La version révisée du modèle PAR 47
Figure 9. Le risque comme processus dynamique 48
Figure 10. Des aléas à la gestion politique des risques climatiques 48
Figure 11. Représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du climat, des effets du changement climatique, des réponses apportées, et de leurs corrélations 49
Figure 12. Les sphères-clés du concept de vulnérabilité 68
Figure 13. Les deux faces de la vulnérabilité 69
Figure 14. Analogie du diamant et nature multi-facette de la vulnérabilité 70
Figure 15. The sustainable livelihood framework 76
Figure 16. Le « cadre du risque de désastre » 76
Figure 17. Le « triangle du risque » 77
Figure 18. Le « cadre pour la réduction des risques de catastrophe » 78
Figure 19. Liaisons entre vulnérabilité et changements environnementaux globaux 80
Figure 20. Le cadre conceptuel de « l'oignon » 81
Figure 21. L'approche holistique de l'évaluation et de la gestion des risques de catastrophe 84
Figure 22. Le cadre conceptuel BBC 86
Figure 23. Le cadre intégré du modèle EnSURE pour l'évaluation de la vulnérabilité et de la résilience 90
Figure 24. La nébuleuse autour de l'emploi du terme de résilience et des concepts afférents 96
Figure 25. Les quatre aspects de la résilience en relation avec la stabilité d'un système 98
Figure 26. Les quatre phases du cycle adaptatif 99
Figure 27. Cycle adaptatif et panarchie des systèmes complexes 100
Figure 28. Quels liens entre vulnérabilité, résilience et capacités adaptatives ? 106
Figure 29. Exposition, résistance et résilience dans le temps 112
Figure 30. Les liens entre vulnérabilité, résilience et adaptation face à la variabilité et au changement climatiques 113
Figure 31. Réponse d'un système face à un événement extrême 114
Figure 32. Représentation des niveaux de dommages attendus et de leur évolution compte tenu de l'ampleur de l'aléa 115
Figure 33. Dualité sémantique de l'adaptation comme processus ou état 117
Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique 137
Figure 35. Étendue de l'incertitude relative à l'estimation des conséquences du réchauffement climatique (partie supérieure) et aux éléments de la vulnérabilité (partie inférieure) 142
Figure 36. Des causes anthropiques des risques climatiques aux réponses politiques locales face aux responsabilités et vulnérabilités identifiées 146
Figure 37. Les causes anthropiques principales des aléas climatiques et leur enchaînement 148
Figure 38. Les trois composantes des risques climatiques et leurs interactions complexes 149
Figure 39. Représentation de l'ICU 151
Figure 40. Une canicule tous les deux ans en 2050 ? 153

Figure 41. Impacts possibles du changement climatique en France au cours du XXIe siècle 154
Figure 42. Le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels au cœur des interactions entre vulnérabilité et décisions politiques 158
Figure 43. Les réponses politiques face au changement climatique et ses impacts 163
Figure 44. Les leviers d'action de la ville pour l'adaptation au changement climatique,..... 167
Figure 45. Exemples d'actions d'atténuation et d'adaptation à double dividende..... 174

Table des encadrés

Encadré 1. Exemples d'impacts possibles des changements climatiques dus aux changements des événements météorologiques et climatiques extrêmes, basés sur les projections pour le milieu et la fin du 21ème siècle 27
Encadré 2. Niveau de gravité des aléas et degré de perturbation de l'organisation : de l'incident à la catastrophe majeure..... 35
Encadré 3. Caractéristiques urbaines ayant pour effet d'exacerber les risques liés au changement climatique 38
Encadré 5. Quelques exemples du foisonnement de définitions de la vulnérabilité aux aléas 62
Encadré 6. Quelques exemples de définitions de la vulnérabilité sociale..... 64
Encadré 7. Récapitulatif et classification des différents facteurs et indicateurs de vulnérabilité 66
Encadré 8. Cadres d'analyse de la vulnérabilité à la lumière des aléas, exposition/sensibilité et résilience..... 72
Encadré 9. Quelques exemples de définitions de la résilience..... 94
Encadré 10. La double dimension de la résilience 101
Encadré 11. Les « 4R », attributs et déterminants de la résilience..... 104
Encadré 12. La mobilisation du concept d'adaptation par divers champs théoriques 118
Encadré 13. Exemples de différentes logiques d'adaptation 126
Encadré 14. Typologie des mesures d'adaptation,..... 128
Encadré 15. Différents facteurs indicatifs du degré d'engagement des collectivités locales dans une politique climat effective..... 166
Encadré 16. Série d'actions d'adaptation, des plus anticipées aux plus réactives 172
Encadré 17. Partenariat et rôle de chaque partenaire dans le projet..... 181
Encadré 18. Plan de travail initial et calendrier prévisionnel..... 181
Encadré 19. Déroulement de la recherche..... 181

Résumé

La littérature académique comme institutionnelle en matière de risques urbains a connu de substantiels développements au cours des dernières décennies, avec un changement progressif du regard porté sur la question des catastrophes « naturelles », notamment à la lumière du changement climatique. Ce phénomène simultanément planétaire, irréversible, et anthropogénique, qui multipliera et accentuera très vraisemblablement les événements catastrophiques d'origine météorologique tout autour de la planète, bouleverse profondément « l'archipel du danger » : après un stade de prise de conscience au tournant des 1990, marqué par le lancement de la Décennie Internationale de prévention des catastrophes naturelles (DIPCN) et du Groupe intergouvernemental d'experts sur le changement climatique (GIEC), un autre seuil a été franchi au tournant de ce siècle, caractérisé par le développement de risques systémiques d'une ampleur inégalée accompagnant la mondialisation des problèmes écologiques, sociaux, et économiques qui menacent gravement les possibilités de développement durable. Du fait de ce bouleversement de perspectives, les travaux sur la question des risques naturels et climatiques, longtemps aléa-centrés, et par conséquent focalisés sur la question de l'atténuation des phénomènes eux-mêmes, se concentrent aujourd'hui davantage sur la question de l'atténuation des impacts et des vulnérabilités qu'ils révèlent. Beaucoup de travaux mettent alors l'accent sur les conditions biophysiques et socio-économiques pouvant conduire à des situations de catastrophes et proposent donc le développement d'outils de diagnostic des vulnérabilités. Très peu, cependant, adoptent une approche territorialisée, centrée sur la ville, tentant de lier le fonctionnement et le développement urbain avec les vulnérabilités au changement climatique et les moyens de les réduire grâce à des stratégies d'adaptation adéquates.

Face aux formes accentuées de risques que les sociétés urbaines contribuent à renforcer voire à créer en lien avec le changement climatique et ses impacts, c'est précisément ce manque d'attention accordé au couple vulnérabilité/adaptation que cette recherche s'est attachée à combler avec un triple objectif. En premier lieu, cette recherche revêt une dimension de théorisation et de conceptualisation visant à mieux définir et caractériser des notions fortement interdisciplinaires et transversales sur lesquelles les points d'achoppement scientifiques et les débats sont nombreux (vulnérabilité, résilience, adaptation, développement urbain durable…). En deuxième lieu, cette recherche vise à progresser dans la compréhension des impacts du changement climatique sur les systèmes anthropisés (vulnérabilité) et dans l'identification des facteurs qui déterminent la capacité de réponse des sociétés urbaines (résilience) face à ce méta-risque local qui redéfinit et redessine les autres risques et aléas. Enfin, en lien avec les objectifs écologiques, économiques et sociaux d'un développement urbain durable, cette recherche tente de formuler des pistes et propositions en vue de contribuer à l'émergence de stratégies d'adaptation et d'atténuation renouvelées, destinées à accroître

la résilience urbaine face au changement climatique, en particulier des sociétés et des territoires les plus vulnérables. L'enjeu est de participer à la construction des éléments qui composeront la ville durable de demain en proposant des éléments de réponse aux questions suivantes : A quelles conditions l'apparition ou l'exacerbation de vulnérabilités territoriales par le changement climatique peut-elle opérer comme un levier pour la prise en compte d'enjeux globaux dans l'action locale ? Comment penser les indispensables articulations, mise en cohérence, et coordination entre les actions d'atténuation et les actions d'adaptation dans une stratégie cohérente et intégrée aux préoccupations de développement urbain durable ? Comment adapter les dynamiques urbaines (formes, mobilité, planification, etc.) pour rendre les villes moins vulnérables aux évolutions climatiques et moins génératrices d'émissions de gaz à effet de serre (GES) ?

Pour répondre à ces questions de recherche, les principales hypothèses formulées sont les suivantes :

1) La question de l'articulation des différentes échelles spatio-temporelles (local/global, court terme/long terme) est une question particulièrement saillante dans l'étude des effets du changement climatique pour les territoires urbains et leur vulnérabilité (ou *a contrario* leur résilience) à ces impacts ;

2) La perception des risques, leur acceptabilité sociale, la part des responsabilités globales (pressions anthropiques indirectes) et des responsabilités locales (pressions anthropiques directes) à des problèmes rencontrés sur les territoires, le gradient et la pertinence des réponses sont très variables suivant les interlocuteurs, les intérêts représentés, l'échelon territorial où l'on se situe ;

3) L'amélioration de la résilience urbaine face aux évolutions climatiques passe par une meilleure compréhension de phénomènes complexes et interdépendants fondée sur une nouvelle approche, systémique et interdisciplinaire, de la ville et de la dialectique vulnérabilité/adaptation qui permette l'identification non seulement de l'ensemble des facteurs de vulnérabilité intrinsèques des systèmes urbains mais aussi de leurs interrelations en tenant compte notamment des effets de dominos, de seuils, et de rétroactions.

Compte tenu des objectifs visés, la démarche adoptée dans cette recherche nous a conduits, en lien avec les enjeux de développement urbain durable, à envisager les concepts d'impacts du changement climatique et d'adaptation dans le cadre d'une analyse globale des vulnérabilités urbaines plus apte à comprendre la complexité des processus en question. Dans ce dessein, nous proposons une nouvelle vision des interactions entre les facteurs climatiques et l'évolution des sociétés urbaines, fondée sur une approche interdisciplinaire en termes de vulnérabilité et de résilience/adaptation (capacités dynamiques de récupérer et de s'adapter face à un changement défavorable) et une représentation systémique afin d'éclairer les interdépendances complexes des systèmes sociaux,

économiques et environnementaux et de mieux comprendre les différentes dynamiques qui participent à la fragilisation croissante des sociétés humaines. Cette recherche a ainsi été l'occasion d'explorer la façon dont les effets localisés du changement climatique se combinent sur les territoires aux autres dysfonctionnements, tensions et dégradations… et aux processus sociopolitiques pour donner aux politiques urbaines un caractère plus ou moins effectif, et en faire ou non un facteur d'accentuation de la vulnérabilité urbaine face aux risques climatiques. Car il ne suffit pas de définir ou de constater la vulnérabilité urbaine pour en comprendre les ressorts. La vulnérabilité urbaine, qui est simultanément multidimensionnelle, multidisciplinaire et dynamique, n'est pas un concept simple à appréhender, surtout dans un contexte de changement climatique : d'une part, les impacts attendus des évolutions climatiques (et donc l'exposition future) sont marqués par une forte incertitude, surtout à l'échelle locale (évolution du climat moyen et/ou modification de la fréquence et de l'ampleur des événements extrêmes) ; d'autre part, il n'y a actuellement pas de consensus sur les déterminants de la résilience ou plus précisément de la capacité d'adaptation qui en est une des composantes, sachant que résilience et capacité d'adaptation sont largement contextuelles, ce qui freine les velléités de comparaison à grande échelle ; enfin, il n'y a pas davantage consensus sur la vulnérabilité elle-même et son lien à l'adaptation. Des limites des approches disciplinaires traditionnelles de représentation du couple vulnérabilité/adaptation fondées sur des relations de causalité linéaire, il nous est apparu indispensable de développer une approche interdisciplinaire et systémique pour réinterroger ce couple vulnérabilité/adaptation. On analyse ainsi comment le passage de la vulnérabilité urbaine au changement climatique aux réponses locales induit une chaîne de causalité complexe et non linéaire. Après avoir élaboré un schéma systémique du couple vulnérabilité/adaptation mettant en évidence des causalités circulaires et des boucles de rétroactions, nous montrons en quoi ce couple se situe d'emblée entre coévolution et incertitude. Ces questions théoriques ont des conséquences pratiques ou opérationnelles puisque les responsables locaux doivent composer avec les vulnérabilités de leur territoire au risque climatique, qui est devenu un nouvel enjeu pour la sécurité des biens et des personnes comme pour le devenir même des villes, et en tenir compte dans leurs politiques d'aménagement. La représentation du couple vulnérabilité/adaptation qu'ont en tête les responsables locaux n'est en effet pas sans incidence sur leur manière d'envisager leurs politiques locales de réponse au changement climatique. Il en est ressorti qu'une approche systémique était plus à même de contribuer à améliorer la résilience urbaine au travers de la formulation de stratégies d'adaptation et d'atténuation locales plus étroitement reliées et, qui plus est, intégrées à des politiques structurantes de développement urbain durable. Il apparaît toutefois, au vu des faits, que si le mot d'ordre de l'adaptation au changement climatique est de plus en plus intégré dans les discours des collectivités, il n'est encore que peu mobilisé dans les référentiels et stratégies d'actions. Bien que certaines incidences du changement climatique se

manifestent déjà, la prise de conscience de la nécessité d'agir par les acteurs locaux commence à peine à s'opérer et les politiques en la matière n'en sont qu'à leurs balbutiements. C'est pourquoi cette recherche, bien que volontairement focalisée sur la dimension d'« adaptation » au changement climatique, impliquait cependant de resituer les pratiques et stratégies d'adaptation dans le cadre d'une – éventuelle – « politique climat locale » et plus largement de développement urbain durable.

Mots-clés (5 à 10) : vulnérabilité urbaine, résilience urbaine, impacts des changements climatiques, stratégies d'atténuation et d'adaptation, développement urbain durable

Avant-propos

Le présent rapport présente les résultats d'un projet de recherche effectué dans le cadre du Programme Interdisciplinaire de Recherche Ville et Environnement (PIRVE) du MEDDAT-CNRS. Ce projet exploratoire d'une durée de dix-huit mois (5 novembre 2009-31 mai 2011) s'inscrit dans l'Axe 3 « Les futurs de la ville entre vulnérabilité et durabilité » de l'AAP 2009. Ce projet a par ailleurs reçu le soutien du Conseil scientifique de l'Université Rennes 2 ainsi que le label scientifique de la Maison des Sciences de l'Homme de Bretagne (MSHB).

Dans le cadre de cette recherche l'accent a été particulièrement mis sur l'interdisciplinarité, en veillant à un juste équilibre entre sciences physiques et naturelles, d'une part, et sciences humaines et sociales, de l'autre, pour considérer les unes et les autres comme de fortes composantes du projet. L'équipe pluridisciplinaire a ainsi été composée notamment de physiciens-chimistes de l'atmosphère, de climatologues, d'économistes, de géographes, et de spécialistes de l'aménagement de l'espace et de l'urbanisme… d'ores et déjà familiers des démarches pluridisciplinaires de par leurs objets et problématiques de recherche et/ou leur équipe de rattachement[1].

La recherche décrite dans le présent rapport a poursuivi l'ambition de chercher à mieux comprendre et analyser les interactions entre vulnérabilité, résilience et adaptation au changement climatique, en tant qu'enjeu fondamental pour définir et rendre effectives les politiques territoriales visant à un développement urbain durable en cas de perturbations climatiques de plus en plus reconnues comme endogènes, i.e. liées au fonctionnement même des systèmes urbains qui coévoluent avec leur environnement. Une double préoccupation nous a par conséquent animés tout au long de ce travail : tout d'abord, progresser dans la compréhension des impacts systémiques du changement climatique sur les systèmes anthropisés (vulnérabilité) et dans l'identification des facteurs qui déterminent la capacité à faire face ou de réponse (résilience/adaptation) des sociétés urbaines ; ensuite, explorer les interactions entre l'adaptation et les autres dimensions clé de la durabilité pour voir comment les villes, au-delà de l'affichage politique des effets en retour de l'urbanisation sur elle-même (à savoir les politiques de développement durable), peuvent effectivement évoluer vers une résilience/adaptation proactive accrue (stratégies de réponses « sans regrets ») pour éviter de futures catastrophes (qui renvoient à un problème de « maladaptation »).

La première partie de ce rapport (**I. LA DIALECTIQUE VULNERABILITE/ ADAPTATION OU LES FUTURS DE LA VILLE FACE AU DEFI CLIMATIQUE**) est tout d'abord consacrée à la description des enjeux, de la problématique et de la méthode de recherche ; après avoir exposé le contexte, l'objectif général et les questions traitées, on aborde ensuite la démarche fondée sur l'interdisciplinarité, la conceptualisation et l'investigation (*I.1. Les*

[1] Voir l'Annexe 3 sur la pluridisciplinarité des équipes de recherche des organismes partenaires concernés

interrelations complexes de la ville et du changement climatique). A l'issue de la justification du cadre théorique adopté et de la description du déroulement de la recherche, tant en termes d'outils méthodologiques/théoriques mobilisés que d'observations de terrain, nous procédons ensuite à l'état de l'art sur les concepts abordés (*I.2. Le triptyque vulnérabilité, résilience et adaptation : signification théorique et portée conceptuelle*).

La seconde partie de ce rapport (**II. LES VILLES COMME SYSTEMES COMPLEXES VULNERABLES, RESILIENTS ET ADAPTATIFS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**) est, en premier lieu, consacrée à la présentation des principaux résultats scientifiques ayant contribué à l'émergence d'une approche méthodologique spécifique et renouvelée pour aborder le couple vulnérabilité/adaptation. Des limites des approches disciplinaires traditionnelles de représentation du couple vulnérabilité/adaptation fondées sur une vision essentiellement statique et une relation de causalité linéaire, il nous est apparu indispensable de développer une approche interdisciplinaire et systémique pour représenter cette dialectique dynamique (***II.1. Réinterprétation systémique du couple vulnérabilité/adaptation urbaine au changement climatique***). Au préalable, nous avons tout d'abord mis en évidence la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique qui renvoie à deux conceptions contrastées de la vulnérabilité conçue soit comme un état post-adaptation ou à l'inverse comme un état préadaptation (*II.1.1. Les pyramides inversées ou la double interprétation statique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique*). Nous avons ensuite réinterrogé le couple vulnérabilité/adaptation dans une perspective systémique afin de montrer que la vulnérabilité au changement climatique, loin d'être un état statique, représente un processus complexe et dynamique ancré entre coévolution et incertitude (*II.1.2. La boucle infernale évitée ou la relecture systémique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique*). On analyse ainsi comment le passage de la vulnérabilité urbaine au changement climatique aux réponses locales induit une chaîne de causalités complexes et non linéaires. Ces questions théoriques ont des conséquences pratiques ou opérationnelles puisque les responsables locaux doivent composer avec les vulnérabilités de leur territoire au risque climatique, qui est devenu un nouvel enjeu pour la sécurité des biens et des personnes comme pour le devenir même des villes, et en tenir compte dans leurs politiques d'aménagement. La représentation du couple vulnérabilité/adaptation qu'ont en tête les responsables locaux n'est en effet pas sans incidence sur leur manière d'envisager leurs politiques locales de réponse au changement climatique, l'enjeu étant de pouvoir faire émerger localement des trajectoires urbaines résilientes et durables face au défi climatique. Enfin, ce rapport de recherche s'achève sur le bilan et les perspectives envisagées à l'issue de ce projet de recherche exploratoire (***II.2. Bilan et perspectives***).

INTRODUCTION

L'émergence des problématiques conjointes du changement climatique et du développement durable a placé les villes sur le devant de la scène politique et au cœur des problèmes globaux d'environnement (Sánchez-Rodríguez et *al*., 2005) : la ville, l'une des formes les plus complexes atteintes par le tissu social et territorial, est aujourd'hui le lieu où s'affrontent les lois de l'économie, celles de l'écologie et du social, tensions que ne manquera pas d'exacerber le changement climatique et que tente de (ré)concilier le concept de développement durable. La littérature académique comme institutionnelle fait de plus en plus le lien entre ces deux phénomènes de dimension planétaire, le changement climatique et l'urbanisation[2], qui représentent un double défi pour le développement durable : « *Les effets de l'urbanisation et du changement climatique convergent aujourd'hui dangereusement et menacent sérieusement la stabilité environnementale, économique et sociale du monde entier* » (UN-Habitat, 2011, 5). Ce constat interpelle les chercheurs s'intéressant, d'une part, aux problèmes écologiques globaux et en particulier au changement climatique et, d'autre part, aux dynamiques urbaines face aux enjeux de durabilité.

Les villes constituent un terrain privilégié pour l'étude des interrelations et des rétroactions entre l'évolution des sociétés humaines et celle de la Biosphère, en ce que les sociétés urbaines s'exposent aux conséquences du changement climatique qu'elles contribuent elles-mêmes à renforcer ou à générer. L'urbanisation planétaire, qui s'est traduite par une explosion démographique et morphologique des villes, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement (PED), a participé par là-même à la globalisation et à l'exacerbation des atteintes portées à la Biosphère qu'illustre le changement climatique[3]. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) associe d'ailleurs très clairement l'urbanisation aux autres facteurs anthropiques à l'origine du changement climatique : « *Les facteurs non-climatiques, tels que l'utilisation et la dégradation des terres, l'urbanisation et la pollution, affectent les systèmes directement et indirectement au travers de leurs effets sur le climat* (GIEC, 2007)».

Ce phénomène de changement climatique, qui représente l'un des enjeux clé du développement durable, est en effet un problème planétaire d'origine anthropique, lié au recours de

[2] UN-Habitat établit un lien explicite entre ces deux phénomène en soulignant que « *ce n'est pas une coïncidence si le changement climatique global est devenu une préoccupation de développement majeure au plan international précisément au même moment et virtuellement au même rythme que le monde s'est urbanisé* (UN-Habitat, 2008, 151) ».

[3] Le changement climatique désigne une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Il peut être dû à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres (GIEC, 2001, 176). La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, le définit comme représentant des « *changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables* ». Nous reprenons ici la définition de la CCNUCC, qui fait la distinction entre le « changement climatique » qui peut être attribué aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles.

plus en plus massif aux énergies fossiles qui associé à un forçage radiatif des gaz à effet de serre (GES) vient « forcer » le fonctionnement du système climatique global ; mais il n'en est pas moins ancré territorialement au regard tant des responsabilités que de la manifestation physique des impacts et des réponses à y apporter. Le changement climatique peut avoir des incidences fortes au regard des enjeux d'un développement urbain durable, tant par ses effets directs (exposition accrue des villes aux impacts climatiques défavorables) qu'indirects (érosion de la capacité des villes à s'adapter), favorisant des vulnérabilités accrues, entendues comme l'inaptitude du système urbain à « faire face » à des conditions climatiques changeantes. Ces vulnérabilités urbaines, qui soulignent une prédisposition du système urbain à être affecté ou endommagé par les impacts du changement climatique, peuvent en effet entraîner un risque de catastrophes.

Les vulnérabilités risquent d'être d'autant plus grandes dans les villes, que leur société est segmentée et que divers dysfonctionnements y sont exacerbés (Chaline et Dubois-Maury, 1994). Or, précisément, le changement climatique fonctionne sur les territoires comme un « facteur de fond » (Bertrand, 2010), qui peut accentuer les risques (aléas), perturber l'organisation socioéconomique, politique et écologique des territoires et exacerber un ensemble d'inégalités et de dysfonctionnements préexistants (inégalités sociales, économiques, et écologiques, pression sur les ressources, mixité spatiale entre les activités à risque et l'habitat, îlots de chaleur urbains[4]…). Partant, le phénomène de changement climatique risque d'accroître fortement les situations de vulnérabilités urbaines actuelles et futures (Penney et Wieditz, 2007) et de compromettre la capacité adaptative (et donc de résilience) de nombre de villes, en particulier dans les PED, et au-delà d'entraver la durabilité du développement urbain (Berque et *al*., 2006).

A cet égard, les villes des pays riches ne sont pas moins épargnées ou moins vulnérables que celles des PED (Pacteau, 2011) : « *Les tempêtes de décembre 1999, l'ouragan Katrina d'août 2005, la récente tempête Xynthia, avec ses ruptures de digues, par exemple, répondent à la dévastation de Ouagadougou par des pluies diluviennes après une sécheresse prolongée en septembre 2009, et les glissements de terrain à Rio de Janeiro en avril 2010* ». Et si, comme le rappelle l'historien Emmanuel Garnier (2011), « *ces chapelets tempétueux ne sont pas, loin s'en faut, totalement inédits au cours des siècles passés* », on observe qu'à l'échelle mondiale, les événements extrêmes sont de plus en plus fréquents et dévastateurs, notamment dans les villes. Un rapport récent (CRED, 2010) montre d'ailleurs que les 25 catastrophes les plus coûteuses entre 1970 et 2009 sont survenues après 1987, et que, parmi elles, 23 sont liées aux conditions climatiques. Outre ces événements extrêmes, les villes sont exposées à des risques exacerbés par le réchauffement global : dégradation de la

[4] L'îlot de chaleur urbain (ICU) est lié aux flux de chaleur anthropique et à des constructions denses, carencées en végétaux, recourant à des matériaux artificiels, absorbant plus de rayonnement solaire et le réémettant sous forme d'infrarouges qui peuvent être capturés par des rues étroites.

qualité de l'air (augmentation des particules en suspension et des pollens) et de la qualité des eaux (modification de l'activité microbienne, débordement prolongé de réseaux des eaux usées en cas d'épisodes de chutes d'eau extrêmes), fragilisation de l'habitat (mouvements de rétraction des sols affectant les fondations du bâti) et de son confort (effet « cocotte-minute » selon l'orientation et l'emplacement des habitats)… La canicule de 2003, qui a sévit en Europe, a révélé quant à elle les effets désastreux que pouvaient occasionner des vagues de chaleur de longue durée accompagnées d'une pollution atmosphérique élevée et d'un déficit hydrique important et précoce sur des populations fragiles. Or, ces caractéristiques pourraient devenir la norme estivale dans les régions tempérées d'ici la fin du siècle (Pacteau, 2011).

Les effets du changement climatique sur les villes sont susceptibles d'être d'autant plus néfastes que plusieurs caractéristiques de ces systèmes socio-écologiques (SSE) complexes interagissent avec lui pour exacerber les risques. Force est en effet de constater que l'accroissement des risques et catastrophes « naturels » en milieu urbain a « *une double dimension anthropique : il est lié à l'anthropisation des aléas (inondations par ruissellement urbain, par exemple) et à l'accroissement de la vulnérabilité des sociétés* » (Beccera et Peltier, 2009, 6). Si l'origine de ces catastrophes est « *un assemblage inextricable de faits sociaux et d'états de nature* » (Cronon, 1996), elle tient aussi à une chaîne d'interactions complexes entre urbanisation et phénomènes météorologiques : « *Ce n'est pas le cyclone Katrina qui a dévasté la Nouvelle-Orléans, ce sont les inondations qui ont suivi l'effondrement des levées. Ce ne sont pas les inondations qui ont suivi l'effondrement des levées qui ont dévasté la Nouvelle-Orléans, c'est la non-prise en compte d'une information régulatrice qui existait depuis des années, ce sont des défaillances en chaîne du système d'alerte et des secours au moment de la catastrophe. Ce sont sur une plus grande échelle de temps, des pratiques d'aménagement aberrantes, dont la toute première fut de laisser prospérer une agglomération presque entièrement située en dessous du niveau de la mer* (Mancébo, 2010)».

Les dynamiques urbaines à l'œuvre à l'échelle planétaire ont ainsi non seulement accentué les responsabilités mais aussi les vulnérabilités à l'égard des problèmes écologiques globaux comme locaux (Masson, 2010). Les responsabilités à l'égard du changement climatique, quantifiées en termes de dépenses énergétiques et d'émission de GES, posent le problème de la durabilité (essentiellement dans sa dimension écologique) des territoires urbains face à l'utilisation croissante et à la raréfaction potentielle des ressources d'énergie fossiles. Ces responsabilités renvoient à la question de l'atténuation, destinée à agir sur les causes du changement climatique, d'où l'émergence au sein des relations complexes que les villes entretiennent avec le changement climatique d'une première dialectique « responsabilité/atténuation ». Les vulnérabilités urbaines, plus difficiles à estimer étant donné leur nature multidimensionnelle, posent elles aussi le problème de la durabilité

des territoires (essentiellement dans sa dimension sociale) face à l'accentuation des inégalités et dysfonctionnements multiples qui peuvent entraver l'amélioration des conditions de vie de tout ou partie de la population d'une ville face aux impacts néfastes du changement climatique. Ces vulnérabilités renvoient à la question de l'adaptation destinée à agir sur les conséquences des évolutions climatiques, ce qui dessine une autre dialectique « vulnérabilité/adaptation » là aussi au cœur des interactions complexes des villes avec le changement climatique. La reconnaissance du fait que les sociétés urbanisées contribuent fondamentalement à leur propre vulnérabilité par leur capacité à transformer les climats à l'échelle mondiale justifie les politiques qui se réclament du développement durable et qui prétendent lutter localement contre les effets non désirés de l'urbanisation sur le système climatique. La prise en compte du changement climatique et de la pression anthropique, qui font que « *des rétroactions et des interactions complexes se produisent sur toutes les échelles du local au global* (GIEC, 2007) », implique la juste mesure et l'anticipation de ces effets sur l'homme et ses territoires, en particulier urbains, afin de mettre en œuvre des stratégies de réponses adéquates dans le cadre de politiques de développement urbain durable (DUD).

Dans le monde entier, comme par exemple en France, en Grande-Bretagne, aux États-Unis, au Canada, au Mexique, en Colombie ou encore en Afrique du Sud, de nombreuses villes sont actives dans l'exploration de leur contribution potentielle aux réductions d'émissions de GES (Penney et Wieditz, 2007), c'est-à-dire à la question de l'atténuation du changement climatique, au travers de l'élaboration de Plans Climat Locaux (Criqui et Lefèvre, 2010)[5]. Ces initiatives ont été lancées sous l'impulsion de responsables locaux forts, en collaboration étroite avec les communautés scientifiques et locales et au moyen d'une coordination stratégique centralisée (comme en France ou aux États-Unis). Mais aussi par le biais d'agences internationales de financement (en Colombie notamment) et même sous la pression des chercheurs (en Afrique du Sud, par exemple). Toutefois, même si de rapides progrès dans la réduction des émissions devaient être réalisés, compte tenu du temps de résidence très long des GES dans l'atmosphère et de l'inertie du système climatique, le climat terrestre continuera de changer pendant des siècles. En conséquence, des actions d'adaptation pour réduire la vulnérabilité des villes aux impacts climatiques actuels et futurs sont elles aussi vitales. Une adaptation programmée (donc anticipée) face au changement climatique est d'ailleurs déjà à l'œuvre dans certaines villes, quoique sur une base limitée : « *L'adaptation des systèmes humains à de nouvelles conditions climatiques demeure désormais inéluctable compte tenu de l'inertie des*

[5] Voir par exemple : Plans Climats-énergies Territoriaux en France (www.pcet-ademe.fr/) ;
Londres (www.cityoflondon.gov.uk/Corporation/LGNL_Services/Environment_and_planning/ Sustainability/Climate_change) ;
Plans énergies-Climat de Pittsburgh, Denver et Seattle (www.bulletins-electroniques.com/actualites/62592.htm) ;
New York (www.nyc.gov/html/planyc2030/html/home/home.shtml) ; Chicago (www.chicagoclimateaction.org) ;
Toronto (www.toronto.ca/teo/pdf/ahead_of_the_storm_highlights.pdf) ;
Mexico (www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm_summary.pdf) ;
Cape Town (www.erc.uct.ac.za/Research/publications/06Mukheibir-Ziervoge%20-%20Adaptation%20to%20CC%20in%20Cape%20Town.pdf) ;Durban (www.durban.gov.za/durban/services/environment).

émissions de gaz à effet de serre passées et de l'augmentation attendue des émissions futures. Mais, restreinte à certains secteurs de l'économie ou associée aux pays en développement, l'adaptation aux changements climatiques en milieu urbain est encore mal servie par la recherche et les politiques publiques (Simonet, 2010) ». Quelques villes pilotes ont certes conduit des évaluations des impacts probables du changement climatique pour leurs régions et ont pris des mesures pour réduire la vulnérabilité de leurs services et de leurs citoyens à ces impacts. Mais jusqu'ici ce processus de programmation de l'adaptation, bien qu'essentiel, reste entaché de difficultés et de nombreux obstacles : « *A l'heure actuelle, il y a peu de programmes pour le développement durable qui incluent explicitement l'adaptation aux effets du changement climatique ou qui encouragent la capacité d'adaptation* (GIEC, 2007)». Ces difficultés tiennent sans doute au fait que, outre leur lien étroit, ces deux problématiques, celle, d'une part, de la vulnérabilité/adaptation des systèmes urbanisés aux impacts du changement climatique et celle, d'autre part, de la durabilité du développement urbain sont très complexes et présentent certains points communs qui freinent leur articulation : toutes deux mêlent des problèmes scientifiques et des choix de société tout en étant l'objet, compte tenu des incertitudes qui les caractérisent, de controverses tant dans le domaine de la recherche que dans celui du politique. L'une comme l'autre appellent des modes de réponses qui renouvellent considérablement les capacités des sociétés urbaines à faire face et à s'adapter aux multiples défis économiques, écologiques et sociaux sous-tendus par le changement climatique ; or, l'ampleur de ces défis n'est pas totalement mesurée, voire même fait question, quand elle n'est pas l'objet d'un déni pur et simple. Ainsi, le changement climatique, à la temporalité différée, représente un « méta-risque »[6] (Gilbert, 2003), susceptible d'être ignoré au nom des incertitudes le concernant ou de l'absence de savoir-faire concernant son intégration dans le reste de l'action collective (Quenault et Bertrand, 2010). Certes, les connaissances sur les rétroactions entre les facteurs climatiques et les systèmes socio-écologiques (SSE) complexes que sont les villes sont insuffisantes et fragmentées, et les politiques publiques ont souvent tendance à s'en tenir au niveau des discours ; toutefois, un élan vers une planification proactive s'observe au niveau des villes qui sont de plus en plus nombreuses à se lancer pour trouver des réponses aux impacts du changement climatique à l'échelle de leurs territoires. La préparation au changement climatique qui suppose l'élaboration de véritables stratégies d'adaptation anticipées prend de l'ampleur et de la vitesse. Bientôt, toute ville importante sans stratégie d'adaptation sera perçue comme en retard sur son temps ou comme négligente dans ses responsabilités envers la protection de ses citoyens, de son économie et de sa qualité de vie (Penney et Wieditz, 2007).

Dans ce contexte, la question de la définition de stratégies de développement urbain favorisant la durabilité de même que l'adaptabilité ou la résilience des villes au changement

[6]Cela signifie que le changement climatique ne crée pas de nouveaux risques, mais redéfinit et redessine les autres risques et aléas.

climatique apparaît comme un enjeu majeur. En France, l'étude prospective Agora 2020 (Bain et *al.*, 2008) a révélé des attentes particulièrement fortes des différents acteurs institutionnels, y compris des collectivités locales, concernant les recherches relatives aux impacts du changement climatique sur les populations et les milieux urbains (Masson, 2010, 150), ce qui renvoie au premier chef à la dialectique vulnérabilité/adaptation. Preuve en est la multiplication de séminaires et colloques sur ce sujet[7], ou même la parution d'appels d'offre de recherche au niveau français (ANR, programmes ministériels)[8] ou européens (FP7)[9] qui s'y réfèrent, voire en font leur objet principal. Il ne fait plus de doute que la vulnérabilité sociétale au changement climatique est devenue un objet de recherches fondamentales ou appliquées, qu'elle soit étudiée frontalement ou plus indirectement à travers les questions de résilience et d'adaptation des sociétés aux évolutions de leur environnement. Au plan international, les études de la vulnérabilité et de l'adaptabilité des villes au changement climatique représentent un pan de recherche émergent. Plusieurs programmes de recherche ont ainsi été lancés en Europe comme, par exemple, le projet « *Engineering cities : How can cities grow while reducing vulnerability and emissions* ? »[10] lancé par le Tyndall Center for Climate Change Research en Grande Bretagne[11], le projet européen FP4 ULYSSES « *Urban lifestyles, sustainability and integrated environmental assessment* »[12] coordonné par le Postdam Institute for Climate en Allemagne, le projet CapHaz-Net, qui signifie « *Social Capacity Building for Natural Hazards: Toward More Resilient Societies* »[13], ou encore le projet ESPACE intitulé « *European Spatial Planning: Adapting to Climate*

---

[7] Le colloque « Risques environnementaux et changement climatique. Quelles réponses sociales? » 28 au 30 novembre 2007, MSH Alpes, Grenoble, http://www.msh-alpes.prd.fr/real/amphi.html, La Société Météorologique de France (SMF) et ses partenaires ont organisé un colloque « La ville face aux changements climatiques », dans le cadre du 6ème Forum International de la Météorologie (FIM 2009), Paris, 20-25 octobre 2009 (http://www.smf.asso.fr/fim09_gp_formation.html), le Groupement d'Intérêt Scientifique Climat-Environnement-Société a organisé des cycles de séminaires sur l'adaptation au changement climatique dont certains en lien avec la problématique urbaine (« Session 1 : les villes et l'adaptation au changement climatique », mardi 27 avril 2010 ; « Adaptation aux changements climatiques et trames vertes : quels enjeux pour la ville ? », 01 avril 2010). http://www.gisclimat.fr.

[8] C'est ainsi que l'appel d'offre ANR « Vulnérabilité, Milieux, Climat » de 2007, devenu « Vulnérabilité, Milieux, Climat, Société » en 2008 atteste de l'ouverture des sciences de la vie et de la terre aux questionnements sociétaux. L'appel d'offre ANR 2009 du programme de recherche « Villes Durables » comporte au sein du volet « Environnement et vulnérabilités » (Volet 3) un sous-thème 3.3 « Ingénierie urbaine de l'adaptabilité face au changement climatique » qui révèle lui aussi l'intérêt croissant pour ces préoccupations. Dans le cadre de la 2e phase du programme « Gestion et impacts du changement climatique (GICC-2) de la D4E (Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale - Service de la recherche et de la prospective) du MEDAD (Ministère de l'écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables), le 3e APR (2008) qui s'intitule « Atténuation, adaptation et régionalisation » souligne que l'adaptation au changement climatique, en plus ou moins forte interaction avec d'autres pressions anthropiques, s'inscrit comme une question majeure tant au plan de la recherche qu'au plan opérationnel, l'étude des processus d'adaptation devant s's'appuyer sur les propriétés des systèmes étudiés (résilience, vulnérabilité, …).

[9] Dans le cadre du FP7 européen (FP7 Cooperation Work Programme 2011: Environment (including climate change) - *ENV-2011)*, l'Activité 6.1. « Climate Change, Pollution and Risks » comprend la rubrique « Building societal resilience to disasters in Europe - ENV.2011.1.3.2-1 » (sous-activité 6.1.3. Natural Hazards), et l'Activité 6.2. « Sustainable Management of Resources » inclut la sous-rubrique "Sustainable and Resilient Green Cities - ENV.2011.2.1.5-1" (Sous-activité 6.2.1. "Conservation and Sustainable Management of Natural and Man-Made Resources and Biodiversity").

[10] http://www.tyndall.uea.ac.uk/research/programme6/scopingstudy.htlm.

[11] Le Tyndall Center a d'ailleurs coordonné le projet ADAM « Adaptation and Mitigation Strategies - Supporting European Climate Policy » dans le cadre du 6e « Framework Programme Priority: Global Change and Ecosystems » de la commission européenne dont le rapport final a été publié en juin 2009.

[12] http://www.pik-postdam.de/research/past/1994-2000/europa/euro9.htlm.

[13] Il s'agit d'un projet de recherche européen (juin 2009 – mai 2012, de type Action de Coordination) soutenu financièrement par la Commission Européenne dans le cadre du 7e Programme-Cadre sur la Recherche (Thème 6 « Environnement, changement climatique inclus », contrat 227073), http://www.caphaz.net.org.

Events »[14]. Face aux formes accentuées de risques que les sociétés urbaines contribuent à renforcer, voire à créer, en lien avec le changement climatique et ses impacts, nous avons choisi, dans le cadre de cette recherche, de focaliser le regard sur le couple « vulnérabilité/adaptation », en ce qu'il est principalement du ressort de l'échelon local et généralement moins exploré tant dans le champ académique que politique, ce qui ne signifie pas pour autant que nous ayons délaissé le couple « responsabilité/atténuation » qui lui est inextricablement lié. Nous avons par conséquent adopté une approche territorialisée, centrée sur la ville, tentant de lier le fonctionnement et le développement urbain avec les vulnérabilités au changement climatique et les moyens de les réduire grâce à des stratégies d'adaptation adéquates.

[14] Ce projet pluriannuel soutenu par la Commission européenne vise à ce que l'adaptation au changement climatique soit reconnue et incorporé à la planification spatiale à tous les échelons, urbain compris http://www.espace-project.org.

I. La dialectique vulnérabilité/adaptation ou les futurs de la ville face au défi climatique

> « Ce qui distingue finalement la période moderne par rapport aux deux précédentes, ce n'est pas que les catastrophes y soient plus nombreuses ou plus meurtrières ; c'est plutôt la résistance qu'elles opposent, par nature totalement singulière, à toute forme de rationalisation (ou de régulation) qui pourrait, comme auparavant, les rendre acceptables. (…) C'est pourquoi, l'expression de société vulnérable, plus que celle de société dangereuse, s'applique assez bien aux économies développées du XXe siècle. »
> Fabiani et Theys, *La société vulnérable, 1987.*

Progressivement, la conception des villes comme des espaces susceptibles, en cas d'occurrence d'un aléa naturel ou anthropique, de subir des dommages considérables à l'échelle locale, et désormais pour certaines villes de les diffuser à des échelles plus globales, s'est imposée. Les villes apparaissent comme des espaces à risque non seulement à cause des menaces auxquelles elles sont exposées, mais aussi parce que leur capacité à faire face est moins importante que ce que l'on aurait pu penser. Elles constituent de fait des espaces de grande fragilité dont la réduction devient un enjeu fondamental des politiques de gestion locales territoriales. Il est d'ailleurs intéressant de remarquer l'inflexion des thématiques de recherche, le terme de vulnérabilité étant de plus en plus mis en avant pour rendre compte de cette fragilité.

En France, cette thématique arrive vers le milieu des années 1980 avec la publication de *La société vulnérable* (Fabiani et Theys, 1987), qui fait écho à *La société du risque* du sociologue allemand Ulrich Beck. Avec ce livre, les deux auteurs, qui s'inspirent très clairement des travaux américains, notamment ceux d'Ian Burton (*Ibid*, 22), ouvrent la voie à une nouvelle approche des catastrophes et des risques naturels au travers du thème de la vulnérabilité. Leur analyse met en lumière « *un basculement de la problématique du risque* » (*Ibid*, 4) : alors que Fabiani et Theys se demandent si les sociétés contemporaines sont plus dangereuses que les sociétés du passé, ils montrent que ce ne sont pas tant les dangers qui sont plus nombreux ou plus intenses que la vulnérabilité des sociétés frappées (*Ibid*, 19). On glisse donc d'une société du risque à une société vulnérable, dans laquelle le sentiment d'insécurité s'accroît alors même qu'un appareil sécuritaire sans précédent est en place. A titre d'illustration de ce changement de perspective, Chaline et Dubois-Maury centraient en 1994, dans *La ville et ses dangers,* leur propos sur « les risques et les dangers urbains » pour mettre ensuite une décennie plus tard, dans *Risques urbains,* l'accent sur la « vulnérabilité urbaine » : dans le premier livre, ils soulignent ainsi que « *dans un univers que d'aucuns réduisent à un archipel de risques et de dangers, la ville redécouvre, après une période d'urbanisation intense et insouciante, la récurrence du principe d'incertitude* (Chaline et Dubois-

Maury, 1994, 1) » ; dans le second ouvrage, ils mettent, en revanche, en exergue la problématique de la vulnérabilité en écrivant que « *jamais, sans doute, la ville n'est apparue aussi vulnérable et soumise aux chocs d'événements dévastateurs* (Chaline et Dubois-Maury, 2004, 5) ». Au tournant des années 1990, D'Ercole (1991) a contribué à introduire le concept de vulnérabilité dans la géographie française qu'il définit ainsi : « *La vulnérabilité apparaît comme la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique. Cette propension varie selon le poids de certains facteurs qu'il est nécessaire d'identifier et d'analyser car ils induisent un certain type de réponse de la société* (D'Ercole et *al.*, 1994, 88-89) ». C'est ainsi que les systèmes urbains, qu'il s'agisse de très grandes agglomérations ou de villes petites et moyennes, apparaissent désormais comme des espaces à risque, où des aléas très divers sont susceptibles de produire des dégâts considérables, précisément parce que ce sont des milieux vulnérables comme le souligne November : « *d'une part, il est généralement considéré qu'en milieu urbain les risques naturels ont tendance à avoir des conséquences plus lourdes ; d'autres risques caractéristiques du milieu urbain viennent, d'autre part, renforcer la probabilité d'occurrence de catastrophes de toutes sortes. Ce constat est valable aussi bien pour les villes des pays en développement que celles des pays industrialisés, malgré leurs particularités respectives* (November, 1994, 113) ». Ces dernières décennies, les villes ont ainsi été le siège de catastrophes naturelles qui ont engendré des pertes économiques exorbitantes, avec des pertes humaines importantes, le tout en dépit des moyens de prévention, de protection et de gestion de crise existants. En outre, parmi les villes, les métropoles, et en particulier celles d'envergure internationale, connaissent des risques inédits. Non pas que les aléas qui en sont à l'origine soient nouveaux. Mais leurs conséquences à l'échelle locale, compte tenu de la densité de population et la concentration d'activités et d'infrastructures qui caractérisent ces agglomérations, semblent sans commune mesure avec les désastres du passé. A l'exception des séismes et éruptions volcaniques ainsi que de leurs effets induits, quasiment tous les risques « naturels » sont intrinsèquement liés aux éléments météorologiques et climatiques et à la grande variabilité de ces facteurs. Les tendances éventuelles de diminution des périodes de retour et/ou d'accroissement d'occurrence des phénomènes naturels extrêmes (en d'autres termes d'augmentation du couple fréquence/intensité) en réponse au changement climatique font de ces questions une véritable préoccupation pour les populations, les Etats et les autorités locales. Si l'on pense les villes comme des espaces d'extrême vulnérabilité aux impacts du changement climatique, encore faut-il dégager la spécificité de cette fragilité, ce qui nous invite à explorer les interrelations complexes de la ville et du changement climatique.

I.1. Les interrelations complexes de la ville et du changement climatique

Dans leurs interrelations complexes avec les modifications d'origine anthropique du système climatique global[15], les villes sont, tour à tour ou simultanément suivant les auteurs, considérées comme revêtant un triple rôle, de facteur, de victime ou de source de solutions (Cavin et *al.,* 2009).

Les villes sont considérées, en premier lieu, comme l'un des principaux responsables du changement climatique : «*Les villes sont des acteurs-clé dans le domaine des émissions de carbone et du changement climatique parce que la plupart des humains et des activités économiques sont concentrés dans les aires urbaines* (UN-Habitat, 2008, 151) ». Le Programme des Nations unies sur l'environnement (PNUE) et ONU-Habitat estiment que les villes contribuent de manière majeure au changement climatique par l'intermédiaire de leur démographie[16], de leurs activités et modes de fonctionnement, en produisant près de 80 % des émissions de CO_2 totales et des quantités significatives d'autres GES (UNEP et UN-Habitat, 2005) et en consommant environ 75 % de l'énergie mondiale. Beaucoup d'observateurs tels que Sánchez-Rodríguez et ses collègues (2005) partagent cette vision des conséquences très négatives de l'urbanisation qui se conjuguent pour générer une proportion significative des émissions mondiales de GES et pour contribuer de manière disproportionnée au changement climatique. L'augmentation conjointe de la population mondiale dans les villes, de la consommation et des rejets dans l'atmosphère de résidus de combustion et de pollutions variées d'origines anthropiques ainsi que l'étalement urbain représentent certainement l'une des causes majeures de la dégradation de la Biosphère et partant des bouleversements climatiques. Cependant, la question de la contribution totale des villes au changement climatique soulève un important débat (Jones, 2009) : certains auteurs arguent du fait que leur contribution aux émissions de GES est souvent surestimée (Dodman, 2009), d'autres soulignent que les résidents urbains génèrent un volume d'émissions de GES par tête bien moindre que les autres résidents d'un même pays (Satterthwaite, 2008).

En deuxième lieu, les villes ne sont pas uniquement perçues comme un responsable majeur du changement climatique, elles sont tout autant considérées comme devant être l'une des principales victimes du phénomène. Les villes et les citadins seront directement touchés par beaucoup des impacts du changement climatique qui peuvent menacer gravement la sécurité humaine au sens large

---

[15] La note conceptuelle du 5e Symposium de Recherche Urbaine, organisé en juin 2009 par la Banque Mondiale, illustre très clairement cette complexité des liens existant entre urbanisation et changement climatique : « *Les villes sont les aimants de la consommation et de la production et leur empreinte représente la majeure partie des émissions de GES. Simultanément, avec une forte concentration d'activités économiques et de population, elles sont aussi vulnérables aux impacts du changement climatique. Les coûts économiques et sociaux du changement climatique seront par conséquent beaucoup plus élevés dans les villes, où sont localisées les infrastructures à forte valeur plus que partout ailleurs. Le rôle des villes et des aires périurbaines dans l'affrontement des défis posés par le changement climatique ne peut plus continuer d'être minimisé. De plus en plus, les villes montrent leur dynamisme politique en prenant un rôle de leadership, parfois en désaccord direct avec leur gouvernements nationaux* » (World Bank Urban Sector Board, 2009, 2).

[16] Les projections démographiques de l'Organisation des Nations Unies estiment que près de 60 % de la population mondiale vivra en zone urbaine d'ici 2030 (ONU, 2007), la barre des 50 % ayant été dépassée vers la fin de l'année 2008. Ceci représente une population urbaine de près de 5 milliards d'individus.

(Quenault, 2009) et ces effets néfastes sont à même d'être plus prononcés et dévastateurs en milieu urbain, en particulier dans les régions d'urbanisation rapide des pays du Sud. L'on prévoit, en outre, que les vulnérabilités urbaines risquent de considérablement s'aggraver avec le changement climatique qui est déjà à l'œuvre et dont les conséquences seront sévères (GIEC, 2007[17]). La concentration de personnes et de richesses dans les villes, qui en font des « centres » (sociaux, politiques, culturels, patrimoniaux, économiques, etc.) régionaux ou nationaux importants et de véritables points névralgiques avec leurs infrastructures, leurs services de base (écoles, hôpitaux, administrations, équipements culturels et sportifs, etc.) et leurs « lignes de vie » (McBean et Henstra, 2003) - systèmes de transport des hommes et des marchandises, systèmes de communication, de distribution d'eau et d'énergie, d'assainissement et d'égouts, de gestion (collecte, recyclage, élimination) des déchets, etc.-, peu voire pas adaptés au nouveau climat, rendent les centres urbains particulièrement vulnérables aux aléas climatiques et à leurs impacts.

En troisième lieu, si les villes sont appelées à être à la fois des responsables et des victimes du changement climatique, elles peuvent aussi et surtout être une source de solution au problème ; les politiques des autorités urbaines peuvent en effet potentiellement jouer un rôle majeur en réduisant l'impact des villes sur le changement climatique global. Depuis l'adoption du Protocole de Kyoto en 1997, il y a eu une reconnaissance croissante du rôle essentiel que les autorités urbaines avaient à jouer au regard des stratégies d'atténuation et d'adaptation destinées à faire face au changement climatique (Betsill, 2001; Kousky et Schneider 2003; Betsill et Bulkeley, 2003, 2005, 2007). C'est ce qu'illustre avec force, la déclaration, en 2007, de Ken Livingstone, alors Maire de Londres : « *La bataille pour vaincre le changement climatique sera gagnée ou perdue dans les villes…*[18] ». Afin de limiter une expansion anarchique et ses impacts préjudiciables sur l'environnement et le changement climatique, la planification et une meilleure gouvernance urbaine sont nécessaires, en particulier dans les PED où l'urbanisation croît très rapidement. Suivant cette perspective, le dernier rapport d'évaluation du GIEC (2007), loin d'être une simple condamnation des conséquences de l'urbanisation sur l'environnement planétaire, donne une grande importance aux bonnes pratiques de planification urbaine comme étant l'un des moyens importants de réduire l'impact écologique des villes. Certains auteurs partagent l'argument avancé par le GIEC, à savoir que des développements urbains bien conçus, des villes bien planifiées et gouvernées peuvent permettre de déconnecter une qualité de vie élevée et de forts niveaux de consommation (énergétiques en particulier) et réduire

[17] *« Le changement climatique est susceptible d'exacerber d'autres stress sur les infrastructures, la santé humaine et la sécurité dans les centres urbains. Les impacts du changement climatique dans les centres urbains sont à même d'être aggravés par les îlots de chaleur urbains, la pollution de l'air et de l'eau, des infrastructures obsolètes, des formes urbaines et des stocks de constructions mal adaptés, les défis de la fourniture et de la qualité de l'eau, l'immigration, la croissance de la population, et une population vieillissante. (GIEC, 2007) ».*

[18] "*The fight to tackle climate change will be won or lost in cities…We are increasingly interconnected - no city can wall itself off from the consequences of climate change, and no city can prevent catastrophic climate change on its own.*"- Ken Livingstone, Mayor of London, 2007, cité dans la note conceptuelle du *Fifth Urban Research Symposium 2009,* http://www.urs2009.net/docs/concept_note.pdf.

l'impact de fortes densités de population sur le changement climatique (Satterthwaite, 2008 ; Dodman et Satterthwaite, 2009). De manière croissante, les villes sont perçues comme des acteurs majeurs d'une « croissance économique sans carbone » tout en aidant les populations confrontées aux incertitudes climatiques et aux catastrophes à réduire leur vulnérabilité aux impacts néfastes de ces aléas. Le message est double : il indique que, grâce à de meilleures pratiques urbaines, l'impact des villes sur le changement climatique peut être atténué et que, inversement, les villes peuvent réduire l'impact du changement climatique sur elles-mêmes. Cette assertion invite à se pencher sur la manière dont sont pensées et mises en œuvre les réponses locales au changement climatique, ce qui renvoie à l'approche à deux branches utilisée dans la littérature sur le sujet avec l'atténuation, d'un côté, et l'adaptation, de l'autre, pour rendre les villes simultanément plus durables et plus résilientes.

I.1.1. Contexte, objectif général et questions traitées

Afin de mettre en lumière la spécificité des villes comme espaces d'extrême vulnérabilité aux impacts du changement climatique, il convient tout d'abord de caractériser plus avant les caractéristiques des aléas liés au changement climatique pour explorer ensuite l'autre composante du risque qu'est la vulnérabilité urbaine au changement climatique (Quenault et Bertrand, 2010).

Données de contexte : des aléas climatiques aux catastrophes comme expression des vulnérabilités urbaines

Les évolutions des températures, des précipitations et du niveau de la mer sur les décennies et le siècle à venir en lien avec le changement climatique (voir GIEC, 2007) se traduiront par divers impacts physiques (aléas) dont les rythmes de survenue seront pour certains graduels, pour d'autres plus ponctuels et qui toucheront différemment les différentes activités humaines (voir *Encadré 1. Exemples d'impacts possibles des changements climatiques dus aux changements des événements météorologiques et climatiques extrêmes, basés sur les projections pour le milieu et la fin du 21ème siècle* ci-dessous). Ces perturbations ne seront toutefois pas forcément nouvelles, nombre d'espaces urbains étant déjà en proie à certains de ces aléas, mais leur fréquence et/ou leur intensité pourra s'en trouver modifiée.

Depuis 1950, l'augmentation des catastrophes « naturelles » tout autour de la planète est presque entièrement due à des phénomènes météorologiques (tempêtes, pluies intenses, épisodes d'inondations et de sécheresses, etc.) – au regard desquelles la « nouveauté » du changement climatique résidera principalement en une intensification de ces perturbations et de leur occurrence, estimée « très probable » par les modèles climatiques globaux.

Phénomènes, direction et probabilité des tendances	Industrie/habitat/société
Des journées plus chaudes et nuits froides en diminution ; des journées et nuits très chaudes plus fréquentes sur la plupart des régions terrestres (Pratiquement certain)	- Effet d'îlots de chaleur ; - Demande énergétique réduite pour le chauffage (bénéfice à CT); - Demande accrue de refroidissement ; - Qualité de l'air en déclin dans les villes ; - Perturbation réduite du trafic relié à la neige et la glace (bénéfice à CT); - Effets sur le tourisme d'hiver
Canicules/vagues de chaleur : augmentation de fréquence sur la plupart des régions terrestres (Très probable)	- Demande d'eau accrue - Problèmes de qualité de l'eau - Réduction de la qualité de la vie pour les personnes vivant dans les régions chaudes sans logement approprié ; - Risque de mortalité accrue liée à la température sur les personnes âgées, atteintes de maladies chroniques, très jeunes, socialement isolées ou sans moyens ; - Perturbation du commerce
Événements de fortes précipitations : augmentation de fréquence sur la plupart des régions (Très probable)	- Effets adverses sur la qualité des eaux de surface et souterraines ; - Contamination de l'approvisionnement en eau ; - Atténuation possible de la pénurie d'eau ; - Risques accrus de décès, de blessures et de maladies infectieuses, respiratoires ou de la peau ; - Importants déplacements de population ; - Perturbation des agglomérations, du commerce, du transport et des sociétés due à l'inondation ; - Pressions sur les infrastructures urbaines et rurales ; - Pertes de propriétés
Régions touchées par la sécheresse : en augmentation (Probable)	- Pénuries d'eau pour les agglomérations, l'industrie et les sociétés ; - Potentiels de génération d'hydroélectricité réduits ; - Potentiels pour la migration de populations
Augmentation de l'activité de cyclones tropicaux intenses (Probable)	- Perturbations dues aux inondations et vents forts ; - Retrait de couverture de risque par les assurances privées dans les secteurs vulnérables ; - Rupture de la fourniture d'eau publique ; - Risques accrus de décès, blessures et de maladies dues à l'eau et à l'alimentation, troubles psychologiques dus au stress post-traumatique ; - Migration des personnes sinistrées vers les aires urbaines ; - Migrations potentielles de population ; - Pertes de propriétés et de moyens d'existence.
Augmentation de la fréquence d'élévation extrême du niveau de la mer (exclut les tsunamis) (Probable)	- Moindre disponibilité en eau douce due à l'intrusion d'eau salée - Risques accrus de décès et de blessures par noyade, effets sur la santé en lien avec les migrations ; - Erosion permanente et submersion des terres ; - Coûts de protection côtière *comparés* aux coûts de la relocalisation d'occupations de sols ; - Potentiel pour des mouvements de populations et infrastructure ; - Pertes de propriétés et de moyens d'existence.

Encadré 1. Exemples d'impacts possibles des changements climatiques dus aux changements des événements météorologiques et climatiques extrêmes, basés sur les projections pour le milieu et la fin du 21ème siècle
Source : GIEC, 2007, 23.

Cette perspective pose surtout problème de par ses conséquences, si bien qu'au-delà de la description des impacts attendus des évolutions climatiques, c'est l'existence de « chaînes d'impacts » qu'il faut souligner, c'est-à-dire d'enchaînements de répercussions depuis les impacts climatiques jusqu'aux activités humaines, en passant par les ressources naturelles (Magnan et *al.*,

2009, 14). La complexité des chaînes d'impacts étant considérable et parfois encore mal connue, seul un aperçu peut en être donné en montrant comment les évolutions climatiques affecteront indirectement quelques secteurs-clés de l'économie, et en mettant en avant la question des inégalités socioéconomiques (voir *Figure 1. Quelques exemples de « chaînes d'impacts » mettant en évidence les conséquences des grandes évolutions climatiques à venir sur les activités humaines* ci-dessous).

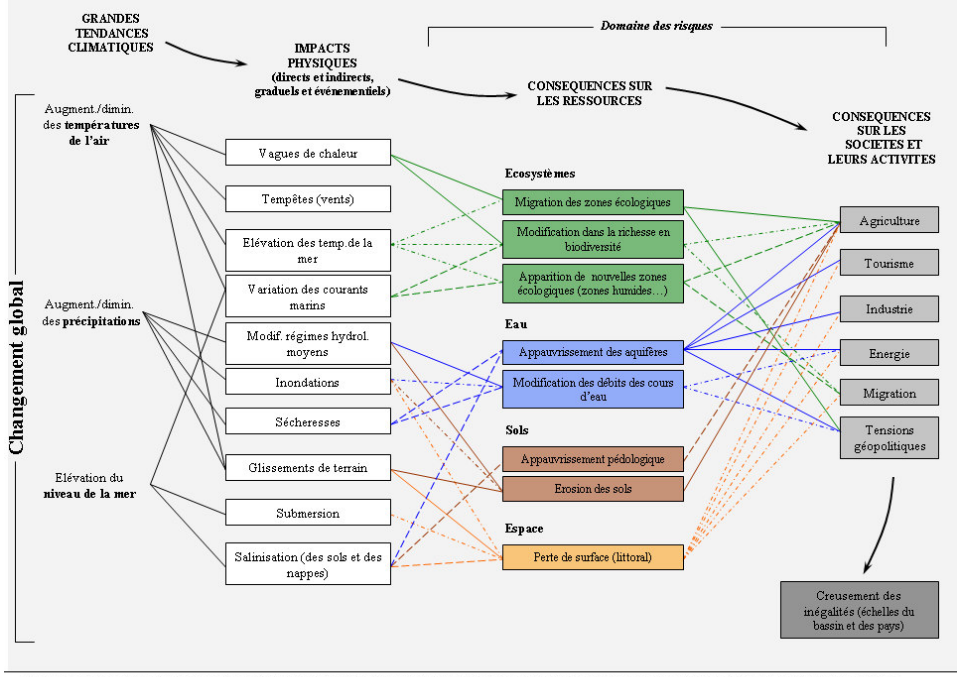


Figure 1. Quelques exemples de « chaînes d'impacts » mettant en évidence les conséquences des grandes évolutions climatiques à venir sur les activités humaines
Source : Magnan et *al*., 2009, 14.

Une dizaine de grands impacts physiques directement ou indirectement induits par le changement climatique peuvent être distingués, chaque impact particulier résultant le plus souvent d'évolutions climatiques de natures différentes (températures, précipitations…) qui pourraient avoir des effets dévastateurs sur les milieux urbains (Groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », 2008, 27) :

- **L'élévation des températures** de l'air engendrera bien entendu un accroissement des températures moyennes de la surface de la mer, et plus indirectement une modification de la circulation des masses d'eau. La circulation des masses d'air de la basse atmosphère sera elle aussi soumise à changement sans que l'on sache pour l'instant si les directions actuelles des vents dominants seront modifiées. Enfin, plus localement, des épisodes de fortes chaleurs se feront davantage sentir. La majorité des métropoles connaîtra davantage de vagues de chaleur et une aggravation de la pollution de l'air. Les vagues de chaleur augmentent les problèmes de pollutions

atmosphériques urbaines et ont un impact sur la santé des populations urbaines. En outre, même si cela reste tout à fait hypothétique, on peut supposer qu'en influant sur le couvert végétal et la stabilité des sols, ces épisodes se combineront aux précipitations pour expliquer des phénomènes de glissement de terrain. L'évapotranspiration (quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes) se trouvera également accrue.

- **L'évolution des précipitations** perturbera, quant à elle, les régimes hydrologiques moyens, principalement au travers d'une modification des volumes d'eau reçus par les territoires, ce qui aura à son tour un effet sur les débits des cours d'eau ainsi que sur les zones de rétention d'eau (les lacs, par exemple). Un autre effet consistera, lorsque les précipitations tomberont de manière irrégulière et abrupte (pluies torrentielles), en une accentuation des problèmes d'inondation et d'érosion des sols. Des régions comme le Sud de la France, par exemple, sont déjà régulièrement soumises à de tels événements extrêmes. Parallèlement, lorsque les précipitations se feront plus rares, les sécheresses se multiplieront, ce qui pose la question de l'avenir des régions qui sont déjà soumises à un stress hydrique et donc à des pénuries d'eau récurrentes. Cependant, et c'est là que le poids des incertitudes sur les prévisions climatiques de long terme à l'échelle locale pose problème, les zones qui actuellement ne connaissent pas ou peu d'inondations et/ou de sécheresses n'en seront potentiellement pas affranchies, ce qui leur impose de se préparer progressivement à ces événements « inconnus ». Enfin, dans les zones les moins bien loties, une alternance d'inondations et de sécheresses pourra être observée, qui favorisera l'érosion et les glissements de terrain. Très destructeurs, les (grands) mouvements de terrain dus au retrait-gonflement des argiles causent des dommages aux biens souvent considérables et irréversibles. D'après les différentes études et recherches, l'accroissement du risque de retrait-gonflement des argiles du fait du changement climatique semble pratiquement certain au cours du 21e siècle pour la France notamment.

- L'occurrence et la gravité du **risque d'inondations** qui dépendent de facteurs tels que l'intensité ou le débit de la pluviométrie, le vent et la température, peuvent potentiellement être augmenté par le changement climatique de différentes manières : par exemple, en lien avec la fonte des glaces de lacs (un problème dans des pays comme le Népal) ou par des pluies plus intenses ou plus prolongées que par le passé. Pour certaines villes et régions, le changement climatique pourrait réduire la moyenne annuelle des précipitations, ce qui ne signifie pas pour autant un moindre risque d'inondation car les chutes de pluies certes moins nombreuses pourraient être aussi plus concentrées. Bon nombre de métropoles à l'intérieur des terres font face à de graves risques d'inondation, comme elles sont situées en bordure de rivières ou dans les contreforts des hautes montagnes, et sont vulnérables aux conséquences de précipitations ou de fontes de neige plus fortes susceptibles de provoquer des inondations de grande échelle, que l'on pense aux dommages subis par les villes d'Europe de l'Est

lors des crues de 2002 tout comme aux dommages irréparables causés à la ville de Prague. Pour la France, les régions méditerranéennes apparaissent particulièrement vulnérables à une augmentation du risque d'inondation. Dans la plupart des villes, en lien avec des niveaux de risques d'inondation accru par le changement climatique, les déficiences déjà sérieuses en matière de drainage des pluies d'orages s'intensifient. Roche (2004) a analysé les crues de la Seine et leurs conséquences, pour conclure à une insuffisance des protections, ne serait-ce que vis-à-vis d'une crue centennale, correspondant à la crue de 1910.

- **L'élévation attendue du niveau de la mer** génèrera, quant à elle, des phénomènes de submersion des côtes basses (sableuses et rocheuses, zones humides…) mais aussi d'intrusion d'eau marine dans les aquifères, d'où des problèmes de salinisation des nappes phréatiques. Le risque de submersion marine est lié à l'élévation du niveau moyen de la mer, ou des vagues de tempêtes plus fortes qui peuvent avoir diverses causes : marées, dépressions, effets du vent… Les impacts de ces phénomènes, dont la plupart sont en relation, de façon complexe avec le changement climatique, dépendent du trait de côte et du profil du littoral des territoires concernés. Une grande partie des villes côtières très peuplées est menacée, en raison de l'élévation prévue du niveau de la mer, par le risque de submersion des terres permanentes et, en particulier, par le risque d'inondations côtières plus fréquentes venant s'ajouter à l'élévation de la hauteur accrue des ondes de tempêtes, provoquant le déplacement forcé de millions de réfugiés climatiques (GIEC, 2001)[19]. Les métropoles côtières sont naturellement vulnérables à l'élévation du niveau de la mer, mais les ondes de tempête accompagnées de hautes marées sont peut-être la plus grande menace pesant sur elles. L'élévation du niveau de la mer peut faire monter les nappes phréatiques et miner la fondation des bâtiments ou causer l'infiltration d'eau de mer dans de précieuses sources d'eau souterraine. Les zones côtières de basse altitude – les aires littorales continues de moins de 10 mètres au-dessus de la mer – ne représentent que 2% des terres au plan mondial, mais 10% de la population totale (i.e. plus de 600 millions de personnes) et 13% de la population urbaine (environ 360 millions d'individus). Près des deux-tiers des villes du monde comptant plus de cinq millions d'habitants se situent partiellement dans ces zones de basse altitude et les concentrations de population dans ces endroits augmentent dans la plupart des pays. Les pays à revenu moyen ou faible ont une plus forte proportion de leur population urbaine qui vit dans ces zones que les pays à revenu élevé. En moyenne, les pays les moins avancés ont une proportion de leur population urbaine presque deux fois plus élevée dans ces zones que les pays à haut revenu (McGranahan et *al*., 2007).

[19] Les estimations du Haut Commissariat des Nations unies aux réfugiés font état pour 2050 d'un nombre grandissant de réfugiés environnementaux, dont plusieurs dizaines de millions de réfugiés climatiques potentiels (entre 100 000 et quelque 100 millions de personnes par an entre 2020 et 2100). www.unhchr.ch.

- Le **risque d'érosion et de perte d'espace** qui menace certaines portions de côtes. Il résulte soit directement de phénomènes de submersion ; soit plus indirectement d'une salinisation des sols et/ou d'inondations répétées. S'il reste difficile de prévoir une modification des courants côtiers – laquelle influencerait les dynamiques sédimentaires et donc les phénomènes d'érosion/engraissement des plages – on peut tout de même préciser que les conséquences de tels changements seront particulièrement accentuées dans le cas des côtes qui connaissent aujourd'hui un mouvement de subsidence, c'est-à-dire d'enfoncement progressif dû à l'absence d'accumulation de sédiments charriés par les grands cours d'eau ou, plus localement, par une urbanisation trop dense (effet poids et incidences du pompage des nappes). Si le cas est désormais très connu du grand delta du Bangladesh, la Méditerranée offre également quelques exemples, tel celui du delta du Nil en Égypte. Ces phénomènes peuvent rendre « invivable » le lieu, ou tout du moins induire des contraintes d'aménagement telles qu'en l'absence de ressources économiques suffisantes pour endiguer massivement, un abandon progressif de la zone devient la seule option envisageable sur le long terme. Cette perte d'espace a bien entendu aussi des conséquences sur la biodiversité (espèces, paysages…). D'après les différentes études et recherches, l'accroissement du risque d'érosion côtière du fait du changement climatique est pratiquement certain (90°%) au cours du 21e siècle dans la quasi-totalité des zones côtières.

Le nombre de catastrophes dues à des phénomènes météorologiques a pratiquement décuplé depuis cinquante ans, tandis que les dommages subis ont été multipliés par près de cinquante. En revanche, le nombre de victimes a été divisé par dix, grâce à l'adoption de politiques et de stratégies efficaces de réduction des risques, en particulier la coordination établie entre les systèmes d'alerte précoce et les plans d'urgence à l'échelon national et local (OMM, 2009). Toutefois, le bilan reste lourd, puisque selon le Centre de recherche sur l'épidémiologie des désastres (CRED, 2010), près de 8.500 catastrophes d'origine « naturelle » sont survenues entre 1980 et 2007, qui auraient ôté la vie à deux millions de personnes environ, et causé des dégâts estimés à 1.500 milliards de dollars. Il convient ainsi de noter le degré de dévastation qui a accompagné des événements extrêmes relativement récents : En 1998, l'ouragan Mitch a fait des ravages en Amérique Centrale, occasionnant des milliers de morts, des millions de personnes sans-domiciles et des milliards de dollars de dommages sur des économies déjà fragiles (EM-DAT) ; la même année, une tempête de neige a rompu les lignes électriques de Québec et plongé dans le noir une partie de l'est de l'Ontario ; en 1999, les inondations, au Venezuela, ont provoqué la mort de 30.000 personnes, et fait 600.000 victimes graves à Caracas et ses alentours ; en 2000, les inondations au Mozambique ont provoqué le décès de 700 personnes et le déplacement de 650.000 individus et dévasté plusieurs centres urbains ; en 2001, les inondations à Alger ont fait 900 morts et 45.000 réfugiés ; la canicule de 2003, en Europe, a provoqué près de 30.000 décès dans les villes européennes et environ 15.000 décès sur le

territoire français et occasionné des dommages totalisant 17 milliards d'euros (Climate Alliance, 2007) ; le Tsunami de décembre 2004 en Indonésie a fait plus de 230.000 morts dans 11 pays ; les inondations à Mumbai, en 2005, ont tué plus de 1.000 individus et ont causé des dommages importants sur les habitations, les moyens d'existence et les ressources de base (Aromar, 2005) ; l'ouragan Katrina a dévasté la Nouvelle Orléans et la Louisiane en août 2005, provoquant officiellement 1.836 morts ; Port Harcourt et Adis Abbeba ont elles aussi connu de fortes inondations en 2006 tandis que Jakarta et d'autres lieux de l'Indonésie ont souffert d'importantes inondations en février 2007, de même que Karachi et d'autres endroits du Pakistan en juin 2007. L'année 2010, marquée par de nombreux épisodes de très fortes pluies entraînant des glissements de terrains et des inondations (touchant près de 200 000 personnes en Australie et en Afrique de l'Ouest, plus de 350.000 personnes au Sri Lanka, 2 millions en Colombie et 2,5 millions au Pakistan), a elle aussi été particulièrement dévastatrice et meurtrière (OMM, 2010), sans parler de l'année 2011 qui s'accompagne elle aussi de son lot de ravages avec la catastrophe d'une ampleur inégalée survenue au Japon et qui fait suite à celle d'Haïti… Certes, il ne peut être scientifiquement établi que ces événements soient liés au changement climatique qui se trouve encore dans le « bruit » de la variabilité climatique ; ils ne constituent donc pas une preuve du phénomène dont on ne sait pas dans quelle mesure précise il contribue aux décès, blessures corporelles et pertes de biens immobiliers dus aux catastrophes[20]. En revanche, ces épisodes dramatiques attestent bel et bien de la vulnérabilité des villes et des établissements humains plus petits à ces aléas et ont contribué à tirer la sonnette d'alarme sur les impacts que peuvent avoir les extrêmes météorologiques sur les villes et leur population. L'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (AFPCN) parle à cet égard d'un bouleversement de « l'archipel du danger » qui ne doit pas surprendre : après un stade de prise de conscience marqué par le lancement au tournant de 1990 de la Décennie internationale pour la prévention des catastrophes naturelles (DIPCN) et du GIEC, nous franchissons un autre seuil, caractérisé au plan planétaire par le développement de risques systémiques accompagnant la mondialisation, une raréfaction de ressources vitales, une moindre capacité de l'atmosphère à absorber nos émissions dont la concentration croissante devient plus qu'alarmante. Les analyses deviennent globales, des réflexions sur les extrêmes ont été lancées par l'Académie des sciences et par le GIEC en association avec la Société internationale de prévention des catastrophes (SIPC), des concepts comme celui de « catastrophisme éclairé » ou de « l'enfermement planétaire » ont été proposés.

Les différentes régions du monde sont très inégalement menacées par ces événements catastrophiques auxquels les pays du Sud paient le plus lourd tribut (environ 95% des pertes en vies

[20] On le sait d'autant moins que, par exemple, pour chaque inondation suffisamment grave pour être répertoriée au plan international, il existe des centaines d'inondations qui ne sont pas comptabilisées comme désastre bien qu'elles tuent ou blessent de nombreuses personnes et détruisent ou endommagent les habitations et les ressources de beaucoup de monde.

humaines imputables à ces catastrophes y sont concentrées) (OMM, 2004). Et le changement climatique devrait être un facteur d'accentuation de ces inégalités. L'avenir est ainsi très incertain pour de nombreuses populations urbaines au Bangladesh, en Chine, en Egypte, en Inde, en Indonésie, en Thaïlande et au Vietnam situées dans des métropoles côtières ou de petites îles de faible élévation (Reid et Satterthwaite, 2007) ; il l'est également dans beaucoup de métropoles d'Asie, d'Afrique et de certaines régions d'Amérique latine, où fréquemment la moitié de la population citadine, aux très faibles moyens d'existence et victimes de précarités multiformes, vit dans des localités mal structurées voire dans des bidonvilles, en proie aux défaillances des services urbains, et situés dans des zones particulièrement vulnérables aux aléas climatiques. Les habitants des installations informelles de diverses villes africaines indiquent ainsi que les inondations sont devenues plus fréquentes et plus intenses, qu'elles apparaissent souvent dans des endroits jusque-là épargnés par ces risques et que les autorités locales interviennent peu pour leur venir en aide (Action Aid International, 2006). Les dommages et les pertes découlant des impacts des aléas climatiques minent l'efficacité de l'aide financière au développement et la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement, considérés comme autant de progrès accomplis sur la voie d'un développement durable, peut s'en trouver durablement compromise. Ces désastres imposent, notamment en cas d'évènements météorologiques extrêmes, de plus grandes demandes quant aux mesures d'aide humanitaire et d'intervention d'urgence. Cette évolution est très préjudiciable au bien-être des populations et a des incidences néfastes sur le développement durable et la lutte contre la pauvreté dans de nombreuses régions du monde. Les probabilités de migrations consécutives sont donc à la hausse, puisque les effets préjudiciables du changement climatique sur certaines régions vulnérables pourraient entraîner des conditions de pénurie et pousser des communautés, voire des peuples entiers, à migrer (Hay et Beniston, 2001), provoquant des mouvements de masse de « réfugiés de l'environnement » (Döös, 1994 ; Hugo, 1996 ; Meze-Hausken, 2000). Parmi ces derniers, se profilent désormais les réfugiés climatiques, avec, en corollaire, la délicate question de leur statut international (Chomette, 2006 ; Gosline, 2006). Si, dans les villes des pays à haut revenu les risques ont été fortement réduits grâce à des décennies d'investissement dans les constructions et les infrastructures, même dans ces endroits-là des dommages sur les systèmes de fourniture d'eau, les services de transport et d'électricité laissent les gens très vulnérables. De plus, la dévastation de la Nouvelle Orléans suite à l'Ouragan Katrina en 2005 a révélé que même dans les pays à revenu élevé les protections contre les inondations et les services d'urgence pouvaient être dépassés et que les citoyens pauvres étaient les plus touchés.

Face aux formes accentuées de risque que représentent le changement climatique et ses impacts pour les sociétés urbaines, de nombreux rapports et études montrent que les villes, loin d'être des victimes innocentes de ces dommages potentiels, contribuent à l'aggravation du phénomène à

l'égard duquel elles sont particulièrement vulnérables tout en cherchant à l'enrayer (IIED, 2007). Bien entendu, tous les risques engendrés par les aléas climatiques ne provoqueront pas nécessairement de catastrophes ; le risque peut très bien ne jamais se matérialiser par une catastrophe ou, au contraire, persister au-delà du déclenchement d'une catastrophe puisqu'il n'existe « *jamais de concordance ni temporelle, ni spatiale, ni en intensité entre les deux* (Dauphiné, 2003, 16) ». Le caractère latent du risque, inextricablement mêlé à l'incertitude, révèle une première distinction entre « *ce qui est potentiel, qui peut advenir, de ce qui se produit réellement. En ce sens, le risque possède une dimension probabiliste qu'une catastrophe n'a plus puisqu'elle est devenue certitude* (*Ibid*, 16) ». Une catastrophe est perçue par des impacts, c'est-à-dire par tous les effets dommageables qu'elle provoque ; mais une catastrophe n'advient qu'à partir du moment où le risque se matérialise par l'occurrence d'un aléa qui se conjugue à des vulnérabilités préexistantes à celui-ci; ce sont ces vulnérabilités à la fois physiques et sociales que l'aléa contribue précisément à révéler qui détermineront localement la gravité des impacts et s'il y a ou non catastrophe. Cela signifie qu'un aléa de même ampleur peut avoir des impacts très différents suivant la plus ou moins forte vulnérabilité du territoire considéré à cet événement et à ses impacts. Par conséquent, la gravité des impacts dépend certes de caractéristiques propres à l'aléa (degré de surprise ou caractère inédit, intensité ou magnitude, etc.) mais surtout de caractéristiques inhérentes au territoire considéré (notamment son exposition et sa sensibilité à l'aléa qui se combinent à d'autres fragilités, dysfonctionnements, et inégalités, etc.) sources de vulnérabilités potentielles plus ou moins fortes qui conditionneront l'étendue des dommages et des perturbations endurés par le système urbain (voir *Encadré 2. Niveau de gravité des aléas et degré de perturbation de l'organisation : de l'incident à la catastrophe majeure* ci-dessous). Un aléa de même ampleur peut ainsi ne provoquer qu'un incident mineur sur un système urbain faiblement vulnérable ou, au contraire, déclencher une véritable catastrophe (vulnérabilité forte), pouvant ainsi faire passer le système d'une simple situation d'urgence à une crise majeure[21].

La survenue d'une catastrophe est donc synonyme de crise, cette dernière désignant une perturbation qui affecte physiquement un système dans son ensemble tout en y menaçant aussi les objectifs prioritaires et en y défiant les comportements traditionnels et les valeurs partagées (Lagadec, 1993).

[21] L'urgence renvoie à un événement répertorié, pour lequel on dispose de procédures codifiées, qui concerne un nombre limité d'acteurs, intervenant dans une structure d'autorité simple, clairement définie ; en revanche, la crise se réfère à un événement qui engendre une profonde instabilité du système, en dehors des cadres usuels de réponse. Elle nécessite une action rapide alors que se dissolvent les références qui jusqu'alors permettaient de guider, d'encadrer, de donner sens et valeur à l'action individuelle et collective (Laganier, 2011).

Niveau de gravité	Degré de perturbation de l'organisation
Incident	**perturbation des données du système.** ex : la défaillance d'un composant ou d'un sous-ensemble d'un système plus large.
Accident	**perturbation des modèles de comportement du système.** ex : une situation qui entraîne un comportement inattendu d'un dispositif technique ou d'une personne.
Accident grave	**perturbation des missions de l'organisation.** ex : une situation qui oblige un groupe d'acteurs à effectuer une mission différente et nouvelle.
Catastrophe	**perturbation des règles de l'organisation.** ex : une situation qui remet en cause une procédure ou un règlement établi et nécessite la mise en place d'une procédure de sauvegarde improvisée.
Catastrophe majeure	**perturbation de l'échelle des valeurs de l'organisation.** ex : une situation qui oblige l'organisation à sacrifier certaines valeurs (protéger les biens et l'environnement) pour protéger des valeurs plus précieuses (des vies humaines).

Encadré 2. Niveau de gravité des aléas et degré de perturbation de l'organisation : de l'incident à la catastrophe majeure
Source : Kerven, 1995

Une crise est donc à triple composante : elle se caractérise, en premier lieu, par le déferlement de difficultés qui dépasse les capacités de réponse (logistique impuissante, protections insuffisantes, envahissement par la complexité et l'aléatoire) du système ; elle se traduit ensuite par la perturbation des systèmes impliqués en tant qu'ensembles organisés (désengagement des structures, distension des rouages, perte des capacités d'autocorrection, manifestation des conflits latents, dissolution des alliances) ; elle implique, enfin, la mise en question des décisions stratégiques et des valeurs de référence (Laganier, 2011).

La crise peut survenir à l'occasion d'un événement déclencheur ou révélateur, créateur d'une surprise ou d'un choc qui entre en résonance avec un système fragilisé par la présence de vulnérabilités latentes qui vont jouer un rôle de facteurs aggravants (voir *Figure 2. Les différentes étapes d'une crise* ci-dessous). Au-delà des conséquences sur les biens et les personnes (dommages physiques, moraux ou sociaux), la crise peut affecter l'image et la survie même du système considéré (le système urbain ou l'un de ses sous-systèmes) et provoquer un changement d'état de celui-ci ; tous ces effets combinés représentent autant de facteurs de déséquilibre, de décomposition et de désintégration profonde des systèmes (qui peuvent même aller jusqu'à la destruction totale). Ces conséquences néfastes, comme les réponses qu'elles appellent, s'inscrivent à différentes échelles spatiales, y compris transfrontalières, avec comme difficulté majeure la présence d'un nombre important d'acteurs qui ne sont pas toujours habitués à travailler ensemble pour résoudre la crise.

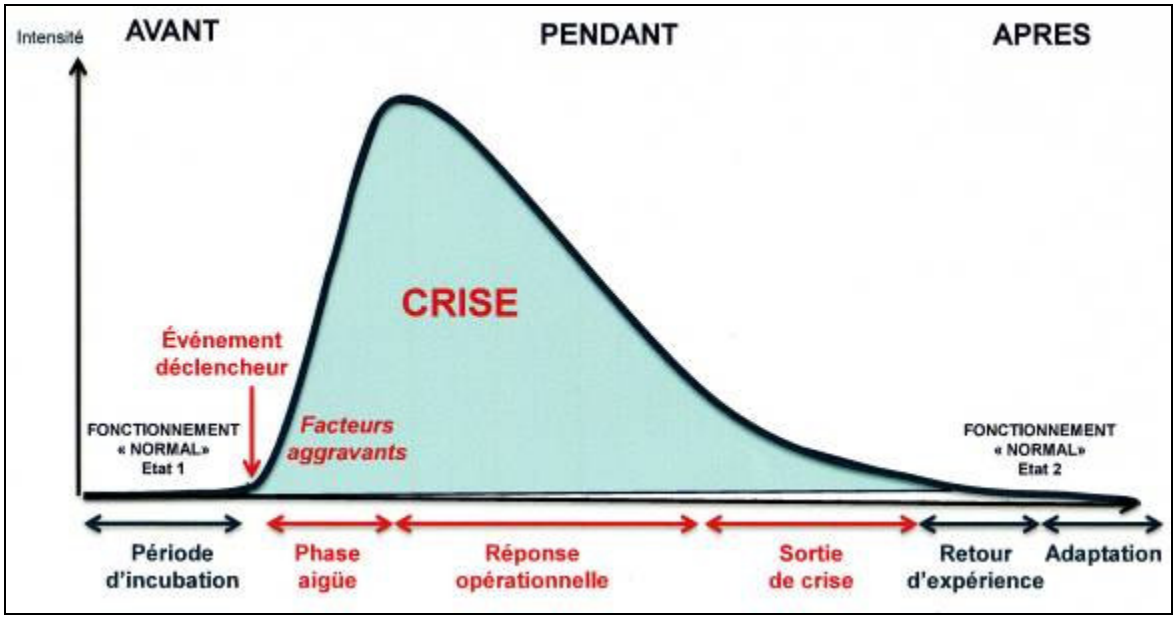


Figure 2. Les différentes étapes d'une crise
Source : Lhome et *al*., 2010.

Les différentes étapes de la crise permettent ainsi d'illustrer la chronologie d'un désastre, qui matérialise le passage de la menace potentielle (le risque) à sa réalisation (la catastrophe) qui se déroule en trois phases. La première phase de gestion du risque ou d'incubation de la crise, qui intervient en amont du déclenchement de la catastrophe, englobe la connaissance scientifique du risque, la prise de mesures anticipatrices (veille, prévention, atténuation et/ou éviction du risque) et l'adaptation des comportements individuels et collectifs (réduction des vulnérabilités, amélioration de la résilience). L'efficacité de la gestion préventive des risques impose la mise en œuvre d'une coopération entre tous les acteurs. Mais, individuellement, chaque agent poursuit l'objectif de réduction de la menace par la perception et la valorisation de l'information qu'il détient. La deuxième phase correspond au déroulement de la crise, qui se noue suite à un événement déclencheur de la catastrophe, qu'elle soit inévitable, soit le résultat d'un échec du processus informationnel et décisionnel de la période précédente ; cette phase de gestion opérationnelle de la catastrophe (pendant la crise) passe par la mise en œuvre des mesures d'intervention d'urgence (système d'alerte et de secours, assistance, etc.) et la coordination des acteurs afin d'absorber le choc et d'opérer au plus vite la sortie de crise. La troisième phase, qui correspond à un retour à un fonctionnement normal du système après la fin de la crise, suppose que le système mettent en œuvre des actions de rétablissement, de récupération ou de reconstruction à l'issue de la catastrophe, ce qui renvoie à sa résilience (apprentissage par retours d'expérience, adaptation, veille, préparation, anticipation et atténuation) afin d'éviter la survenue de futures crises ou catastrophes. La résilience, en tant qu'aptitude d'un système à persister au-delà d'une perturbation (i.e. capacité d'un système à maintenir ses fonctions et structures essentielles ou à les adapter), « *influe sur le cours ou tout au*

moins sur le résultat d'une prochaine catastrophe puisque la permanence des risques, leur caractère évolutif et cyclique insistent sur un processus itératif entre menace et matérialisation du danger permettant d'étayer la reconnaissance des risques (Matheron, 2008,70) » (voir *Figure 3. Risques et catastrophes : un processus itératif* ci-dessous).

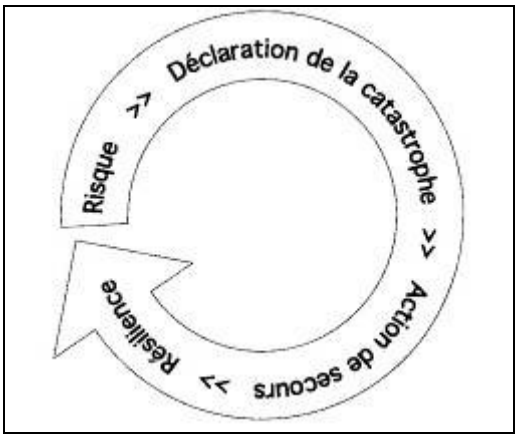


Figure 3. Risques et catastrophes : un processus itératif
Source : Matheron, 2008, 70.

Les événements catastrophiques potentiels qui se profilent avec le changement climatique, de nature avant tout sociopolitique en ce qu'ils mettent en jeu les vulnérabilités et la résilience des systèmes urbains, ne pourront donc pas être résolus au travers de solutions purement techniques. En particulier, les réponses envisagées face à la menace climatique ne peuvent se cantonner au traitement d'un événement spécifique car une crise peut toucher les systèmes de manière globale et polymorphe (procédures habituelles hors-jeu ; insuffisances d'informations pour décider) (Laganier, 2011). Par conséquent, il y a une préoccupation forte au sujet de la manière dont le changement climatique va exacerber dans le futur les risques liés au climat pour ces territoires urbains, alors qu'ils jouent d'ores et déjà le rôle de déclencheurs pour la majorité des catastrophes (McBean et Ajibade, 2009) dont les impacts ne cessent de s'aggraver. Cette tendance à l'aggravation des impacts des aléas climatiques est consécutive à la pression anthropique croissante que l'urbanisation exerce sur les milieux (construction dans les zones côtières de basse altitude, les lits majeurs des cours d'eau ou sur des pentes raides, imperméabilisation des sols et des zones périurbaines, suppression des haies, etc.) et aux modalités de l'urbanisation elle-même qui ont fait des agglomérations de véritables points névralgiques (voir *Encadré 3. Caractéristiques urbaines ayant pour effet d'exacerber les risques liés au changement climatique* ci-dessous).

- L'asphalte, le ciment et autres surfaces dures de la ville absorbent les radiations du soleil, causant l'effet d'îlot de chaleur urbain qui intensifie les vagues de chaleur et exerce des pressions sur les systèmes de production et de distribution d'électricité.
- Les surfaces empêchent également l'absorption des eaux de pluie, créant des ruissellements qui entraînent la pollution vers les lacs et cours d'eau et peuvent déborder les systèmes de récupération

des eaux d'orages, conduisant à des débordements des réserves d'égouts et à des inondations aux cours des épisodes de fortes précipitations.

- Les égouts combinés qui transportent les eaux d'orages et les eaux usées sont très répandus dans beaucoup de centres villes. Des précipitations prolongées ou intenses conduisent à des débordements dans ces systèmes, entraînant les polluants non traités dans les masses d'eau locales.
- La concentration de personnes dans les centres urbains exerce des pressions sur la végétation et les espaces verts qui pourraient réduire la chaleur, les ruissellements d'eaux de pluie, la pollution et les pressions sociales.
- Les lignes d'approvisionnement très étendues combinées à des pratiques d'affrètement en juste-à-temps peuvent se traduire par des pénuries de biens de première nécessité lorsque les transports sont interrompus ou perturbés par des événements météorologiques extrêmes.
- Les sources d'énergie centralisées, les lignes de distribution plus longues, et un réseau électrique interconnecté de manière croissante accroissent la vulnérabilité aux pannes d'électricité lorsque la demande d'électricité est forte – au cours des vagues de chaleur, par exemple – ou lorsque des orages se produisent. L'impact des coupures de courant a également augmenté avec la dépendance accrue des logements et des bureaux aux systèmes de contrôle et de communication électroniques.
- La concentration de population dans de grandes villes créée une forte demande d'eau et peut exercer des pressions sur l'offre locale d'eau, rendant les pénuries possibles dans des conditions de sécheresse.
- L'extension urbaine et la compétition pour les sites de construction ont conduit à construire dans des zones inondables ou sur des pentes raides qui sont vulnérables aux extrêmes météorologiques.
- Les citadins à faible revenu habitant des constructions bas de gamme et mal isolées connaissent des risques accrus liés aux vagues de chaleur et autres extrêmes météorologiques. Les personnes sans domicile n'ont quasiment aucune protection contre ces événements.

Encadré 3. Caractéristiques urbaines ayant pour effet d'exacerber les risques liés au changement climatique
Source : Penney et Wieditz, 2007, 19.

Ce constat plaide à la fois pour une révision profonde de la gestion traditionnelle des risques climatiques (voir *Figure 4. La coévolution urbaine et climatique comme plaidoyer pour une révision de la gestion traditionnelle des risques* ci-dessous) et de la manière de concevoir l'urbanisation afin de réduire les vulnérabilités et d'améliorer la résilience urbaine, faute de quoi toute perspective de DUD pourrait se trouver sérieusement compromise.

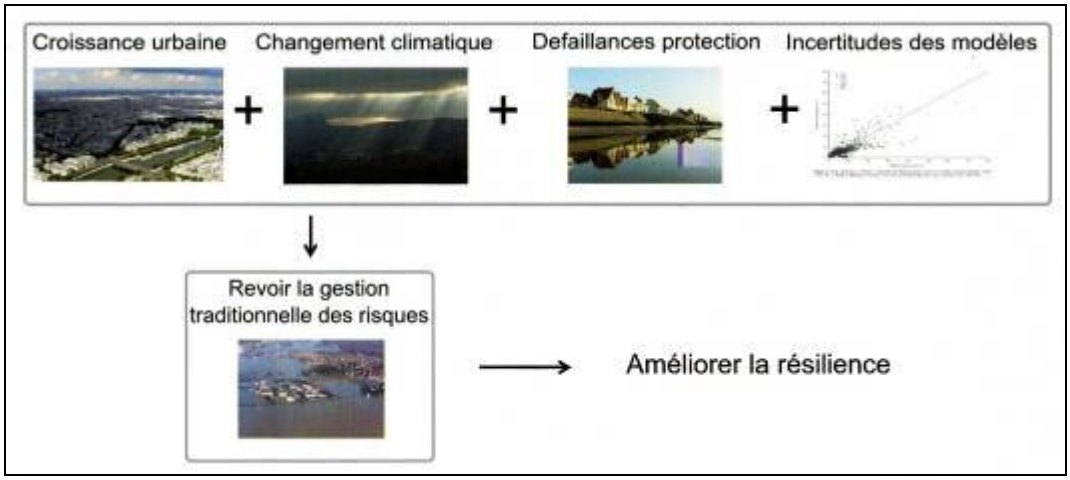


Figure 4. La coévolution urbaine et climatique comme plaidoyer pour une révision de la gestion traditionnelle des risques
Source : Lhome et *al.*, 2010.

Le changement climatique, qui suppose de décider en situation d'irréversibilité et d'incertitude[22] tout en parvenant à concilier des temporalités éloignées[23] et des solidarités spatiales distendues, soulève avec une acuité toute particulière les questions d'équité dans le temps (entre les générations présentes et futures) et dans l'espace (entre les territoires). Face aux dommages potentiellement graves et/ou irréversibles qu'il est susceptible de provoquer et qui pourraient être autant d'entraves au développement durable, le principe de précaution suppose d'agir dès maintenant pour se prémunir sans attendre contre les risques redoutés. La mise en place de politiques locales de lutte contre le changement climatique est d'autant plus urgente et nécessaire que, dans certaines villes, notamment des PED, l'on observe déjà des interactions fortes entre inégalités socio-spatiales, vulnérabilité des populations aux risques naturels et pressions sur les écosystèmes urbains, avec des conséquences qui affectent parfois les sociétés urbaines dans leur ensemble. Or, le changement climatique est lui-même un facteur d'accentuation des inégalités territoriales qui peuvent d'ailleurs s'exprimer à différents échelons (au plan international, entre les différents pays ; au plan national, entre différents territoires d'un même pays ; et au plan local, entre populations ou secteurs d'un même territoire) et revêtir plusieurs dimensions (Bertrand, 2010) :

- Tout d'abord, se profilent les inégalités dans la responsabilité des territoires urbains au regard du phénomène de changement climatique suivant l'ampleur de leur contribution aux émissions de GES (Satterthwaite, 2008 ; Dodman, 2009) d'où la reconnaissance du principe des « responsabilités communes mais différenciées » inscrit dans la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) ; le corollaire de ce principe est que les mesures d'atténuation du phénomène ne peuvent être effectives que si l'ensemble des territoires sont solidaires et coopèrent dans la poursuite de l'objectif commun défini dans la CCNUCC[24] ; cela suppose que chacun prenne à sa charge une « juste part du fardeau » étant entendu que les territoires les plus émetteurs de GES ne sont pas (ni ne seront) nécessairement les plus vulnérables aux impacts néfastes du changement climatique.

- Ensuite, se manifestent les inégalités « inhérentes » aux territoires urbains selon leur exposition physique aux aléas climatiques qui dépend de leur localisation et de leurs caractéristiques géographiques selon qu'il s'agit d'espaces littoraux, insulaires, ou montagnards, de vallées inondables ou encaissées, etc. ; ces inégalités « inhérentes » aux territoires dépendent également de la sensibilité de leurs enjeux à ces mêmes aléas, sensibilité qui dépend de la densité humaine, de la

[22] Les effets d'inertie propres au système atmosphérique induiront une évolution irréversible des conditions climatiques actuelles quels que soient les efforts entrepris aujourd'hui en termes de réduction des émissions de GES (Solomon et *al*., 2009). Parallèlement, pour des raisons essentiellement relatives au travail de modélisation climatique, les incertitudes sur les effets du changement climatique, en particulier aux échelles locales, resteront importantes au moins sur la décennie à venir (Knutti, 2008) et persisteront, même atténuées.

[23] Cette idée de temporalité éloignée se réfère au court/moyen terme de la décision et de l'action politiques face au long terme de la société et de la biosphère.

[24] L'objectif ultime de l'accord international est de parvenir à la stabilisation des concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique (article 2, CCNUCC).

présence plus ou moins forte de populations fragiles, d'inégalités ou *a contrario* de solidarités sociales, de la vétusté du bâti, des caractéristiques des infrastructures peu ou pas adaptées au climat, ou encore de la dépendance des secteurs économique, énergétique et agricole aux variations climatiques, etc.

- Enfin, s'expriment les inégalités « dynamiques » en fonction des moyens de réponse dont disposent les territoires urbains face au phénomène climatique et à ses dommages potentiels (différences en termes de capacité d'apprentissage, d'expertise, d'anticipation et de réparation).

La première forme d'inégalités eu égard aux « responsabilités » respectives des territoires devrait déterminer les actions d'atténuation à entreprendre localement pour limiter l'ampleur du phénomène global en agissant sur ses causes ; les deux autres familles d'inégalités « inhérentes » et « dynamiques » devraient quant à elles dessiner les actions d'adaptation à engager localement afin de réduire les vulnérabilités locales en agissant sur les impacts (fonctions de l'exposition et de la sensibilité du système aux aléas) et/ou les capacités de réponse. En cherchant à gommer ces inégalités, les actions locales de lutte contre le changement climatique et ses impacts participent de la mise en œuvre des principes de précaution, de réciprocité et de solidarité spatiale et temporelle contenus dans les préceptes philosophiques du développement durable (Bertrand, 2010). Il s'agit de rendre les territoires à la fois moins vulnérables et plus résilients, c'est-à-dire plus aptes à rétroagir continuellement aux évolutions de leur environnement qu'ils contribuent eux-mêmes à façonner, en évitant de créer des conditions favorables à la survenue de futures catastrophes.

Objectif général de la recherche et questions traitées

Les constats précédents introduisent l'idée qu'au-delà des grandes tendances climatiques planétaires ou régionales, les facteurs locaux joueront un rôle considérable dans l'explication de la survenue ou non des impacts et dans l'ampleur de leurs conséquences (Quenault et Bertrand, 2010). Face à ces défis colossaux, la capacité de réponse des sociétés humaines face à la menace climatique pose question : seront-elles capables de réduire leurs émissions de GES dans les proportions et aux horizons temporels souhaitables ? Et de quelles capacités d'anticipation/adaptation disposent-elles pour répondre à la part de changement climatique déjà inévitable ? Beaucoup de villes ont développé des politiques pour réduire la vulnérabilité aux aléas climatiques ; toutefois, relativement peu d'entre elles ont pris en compte les pressions supplémentaires que créera le changement climatique. Des projets d'infrastructure coûteux sont ainsi envisagés avec une longévité d'un siècle en faisant l'hypothèse que les conditions climatiques futures seront similaires à celles du passé. Cela aboutit à un environnement construit qui est non seulement menacé par les effets du changement climatique, mais qui pourrait de plus exacerber ces effets (Penney et Wieditz, 2007). L'enjeu est par conséquent

de parvenir à entreprendre de nombreuses modifications en profondeur dans les systèmes urbains et les politiques publiques locales afin de réduire la vulnérabilité et d'améliorer la résilience (entendue comme capacité à s'adapter) des villes au changement climatique en cours.

Dans ce contexte, cette recherche a tenté de répondre aux questions suivantes :

1) A quelles conditions l'apparition ou l'exacerbation de vulnérabilités territoriales par le changement climatique peut-elle opérer comme un levier pour la prise en compte d'enjeux globaux dans l'action locale ?
2) Comment penser les indispensables articulations, mise en cohérence, et coordination entre les actions d'atténuation et les actions d'adaptation dans une stratégie cohérente et intégrée aux préoccupations de DUD ?
3) Comment adapter les dynamiques urbaines pour rendre les villes moins vulnérables aux évolutions climatiques et moins génératrices d'émissions de GES ?

Au travers des réponses à ces questions générales, l'enjeu de notre recherche consistait à analyser les politiques locales (en particulier celles d'adaptation) afin d'apprécier leur effectivité en matière de lutte contre le changement climatique au regard de la vulnérabilité identifiée localement et des objectifs affichés de réduction de celle-ci. Autrement dit, l'objet de cette recherche était double : il s'agissait de progresser à la fois dans la compréhension des impacts socio-économiques du changement climatique sur les systèmes anthropisés et dans l'identification des facteurs qui déterminent la capacité de réponse en termes d'atténuation et d'adaptation, en particulier des sociétés et des territoires urbanisés les plus vulnérables. Ce faisant, il s'agissait également de comprendre pourquoi autant de décalages existent entre les affichages politiques et leurs réalisations à l'échelon local, et de mettre en lumière tant les facteurs de blocage à la mise en œuvre de politiques ambitieuses que les effets non désirés, et parfois difficilement prédictibles, des mesures prises afin de lutter contre les aléas et le changement climatique. Les stratégies d'adaptation à des conditions climatiques nouvelles pouvant entrer en contradiction avec les mesures d'atténuation ou plus largement avec un DUD, il s'agissait en particulier d'envisager la question de la temporalité et de la cohérence des stratégies d'adaptation envisagées avec les objectifs affichés et avec d'autres politiques publiques.

Pour répondre à ces questions de recherche, les principales hypothèses formulées ont été les suivantes :

1) La question de l'articulation des différentes échelles spatio-temporelles est une question particulièrement saillante dans l'étude des effets du changement climatique pour les territoires urbains et leur vulnérabilité (ou leur résilience) à ces impacts ;

2) La perception des risques, leur acceptabilité sociale, la part des responsabilités globales et locales à des problèmes rencontrés sur les territoires, le gradient et la pertinence des réponses sont très variables suivant les interlocuteurs, les intérêts représentés, l'échelon territorial où l'on se situe ;

3) L'amélioration de la résilience urbaine face aux évolutions climatiques passe par une meilleure compréhension de phénomènes complexes et interdépendants fondée sur une nouvelle approche, systémique et interdisciplinaire, de la ville et de la vulnérabilité qui permette l'identification non seulement de l'ensemble des facteurs de vulnérabilité intrinsèque des différents systèmes urbains mais aussi de leurs interrelations en tenant compte notamment des effets de dominos, de seuils, et de rétroactions.

I.1.2. Démarche et méthode de recherche : interdisciplinarité, conceptualisation et investigation

Face aux formes accentuées de risques que les sociétés urbaines contribuent à accentuer voire à créer en lien avec le changement climatique et ses impacts, ce projet interdisciplinaire s'est attaché à développer une approche systémique afin d'apprécier la complexité, les causalités circulaires et l'incertitude qui se trouvent au cœur du couple vulnérabilité/adaptation en milieu urbain. Dans cette perspective, la méthode de recherche adoptée a consisté en un travail d'état de l'art à visée conceptuelle et opérationnelle ; cette réflexion théorique a ensuite été alimentée par des retours d'expérience concrets suite aux investigations menées sur le terrain concernant les réponses locales au défi climatique. La méthode proposée est de nature exploratoire, à la fois théorique et empirique (voir *Figure 5. Démarche méthodologique d'aller-retour entre la théorie et la pratique* ci-dessous). Elle reflète les approches systémiques qui sont centrales dans le développement méthodologique proposé. Ce dernier est construit à partir de concepts théoriques tirés de la littérature et d'enseignements obtenus à partir de cas d'étude. Il apporte en retour une contribution au niveau théorique. Il émerge ainsi progressivement à travers des allers-retours entre la pratique et la théorie.

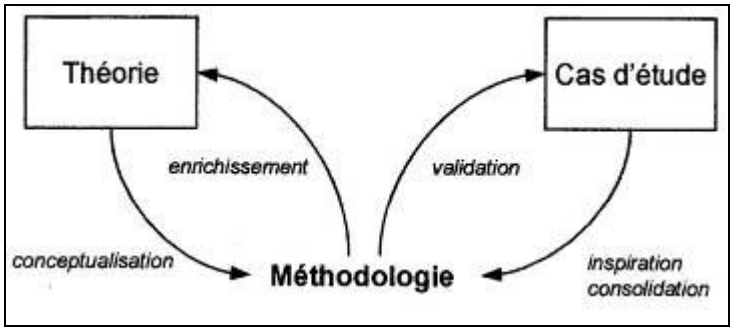


Figure 5. Démarche méthodologique d'aller-retour entre la théorie et la pratique
Source : Desthieux, 2005, 4.

Le cadre théorique de l'interdisciplinarité : Approche systémique, complexité, coévolution et incertitude

Le passage en revue des travaux réalisés au cours des dernières décennies en matière de vulnérabilité aux risques « écologiques » (plutôt que « naturels », nombre d'entre eux étant d'origine anthropique à l'instar du changement climatique) révèle que beaucoup de ces analyses se cantonnent à un champ disciplinaire donné (climatologie, géographie des risques ou économie) et privilégient le plus souvent des approches « à la parcelle » en se focalisant sur la zone soumise à l'aléa représentant le risque étudié. La définition actuelle du concept de vulnérabilité, qui met en avant les liens existants entre l'exposition à un aléa, la sensibilité des enjeux exposés et les ressources/capacités disponibles localement pour y faire face ou s'y adapter, incite à élargir ces approches à d'autres champs disciplinaires. Les facteurs de vulnérabilité au changement climatique, impliquant par essence des phénomènes complexes à la fois biophysiques et sociétaux étroitement interdépendants, une approche limitée à un seul domaine ne peut pas prétendre les approcher de façon complète. L'appréhension de la vulnérabilité au changement climatique convoque à la fois les sciences naturelles et physiques (biologie, écologie, chimie, physique...) pour l'explication à proprement parler des phénomènes climatiques, mais aussi les sciences humaines et sociales (SHS) (sociologie, psychologie sociale, géographie, économie...) pour l'explication des interactions entre les activités humaines et ces phénomènes. Afin d'appréhender les différentes facettes des problèmes en jeu et leurs interactions complexes, le recours à l'interdisciplinarité semblait donc incontournable. L'équipe pluridisciplinaire de ce projet était ainsi composée de chercheurs issus des sciences dures comme des SHS : elle comportait notamment des économistes, des géographes, des physiciens-chimistes de l'atmosphère également climatologues, et des spécialistes de l'aménagement de l'espace et de l'urbanisme… qui sont d'ores et déjà familiers des démarches pluridisciplinaires (de par leurs objets et problématiques de recherche et/ou leur équipe de rattachement).

La complexité des concepts de vulnérabilité et de résilience incite non seulement à ouvrir les approches monodisciplinaires traditionnelles à une réelle interdisciplinarité ainsi que nous l'avons précédemment souligné mais également à élargir l'appréhension des risques climatiques en milieu urbain suivant au moins deux axes :

• Tout d'abord, celui des espaces à prendre en compte. Les désorganisations générées au sein d'une ville par un aléa climatique et les ressources disponibles pour y faire face dépendent de facteurs renvoyant à des échelles multiples (ensemble de la ville et non seulement la partie soumise à l'aléa, espaces plus larges dans lesquels la ville s'insère, réseaux bancaires et assurantiels auquel elle appartient, territoire au sein duquel la solidarité pourra s'organiser, etc.). Une approche basée

seulement sur les parcelles d'une zone inondable, par exemple, ne sera donc pas à même de rendre compte de l'ensemble des facteurs de vulnérabilité ou de résilience.

• Ensuite, celui de l'intervalle temporel, à considérer. La capacité d'une ville à subir des dommages et à y survivre sera fonction de différents cycles temporels : cycle de vie du cadre bâti, cycle de trésorerie de l'activité, durée de restauration d'une situation économique identique à celle précédent la crise, … Une approche centrée uniquement ou principalement sur les dommages directs (destructions et endommagements physiques) provoqués par un événement climatique ponctuel ne sera donc pas non plus à même de rendre compte de l'ensemble des facteurs de vulnérabilités ou de résilience.

Ces considérations spatiotemporelles nous ont conduits à privilégier une approche globale du fonctionnement de la ville et, qui plus est, axée sur l'étude des relations entre ses différentes composantes dont on pressent qu'elles seront à l'origine des facteurs de vulnérabilité ou de résilience à la variabilité et au changement climatique. Par conséquent, l'approche systémique appliquée au domaine urbain s'est imposée comme le cadre théorique le plus adapté à la problématique posée : comprendre la complexité des interactions entre les systèmes urbains et le changement climatique afin de voir comment les contraintes d'origines naturelles ou anthropiques contrôlent la dynamique des anthroposystèmes (Lévêque, 2003).

Le cadre systémique

L'approche systémique est de ce point de vue particulièrement appropriée en ce qu'elle fonde les propriétés d'un système sur les trois principes généraux suivants :

- Le principe de dépendance interactive, suivant lequel un système est composé par un ensemble d'éléments qui interagissent de telle sorte que le fonctionnement de chacun d'entre eux, voire leur existence, est conditionné par les autres[25].
- Le principe d'émergence, en vertu duquel les éléments en interaction qui composent le système forment une entité de laquelle « émergent » des propriétés nouvelles par rapport à celles de chacun des éléments, en vertu du principe aristotélicien selon lequel « le tout est plus que la somme des parties ».
- Le principe de rétroaction (« *feed back* »), correspondant à l'effet en retour du tout vers les parties au travers de boucles permanentes d'interaction qui impliquent que le comportement et l'évolution d'un élément inséré dans un système dépendent du système tout entier.

[25] Il est important de noter que cette dépendance interactive ne se limite pas aux éléments d'un même système. En effet la plupart des systèmes sont des systèmes ouverts, qui dépendent de leur milieu et exerce une pression sur celui-ci. Un système n'est donc pas isolé de son environnement.

L'approche systémique, par nature interdisciplinaire, aide à mieux représenter la complexité d'un système, quitte à admettre qu'on ne puisse en saisir et en comprendre toute la richesse, en ce qu'elle permet :

- D'identifier des processus pertinents, des niveaux d'organisation et d'emboîtement, des échelles d'observation et d'analyse, des problèmes d'agrégation et de désagrégation ;
- De prendre en compte des interactions et interdépendances qui évoluent entre plusieurs paramètres, permettant dès lors d'identifier des tendances de fond, des coévolutions ;
- De se pencher sur une causalité, non pas seulement unique et linéaire, mais multiple, circulaire (rétroaction) et ouverte sur les finalités projetées (prospective).
- D'étudier et de représenter la dynamique de ces systèmes en introduisant les dimensions spatiales et temporelles.

Le territoire urbain, en tant que SSE complexe et lieu d'interactions, peut se laisser approcher par la modélisation systémique qui peut avoir différentes finalités (Allain, 2001) : mieux formuler, identifier et comprendre un problème complexe, étudier le fonctionnement dynamique d'un système pour le faire évoluer ou encore simuler une stratégie d'action. La modélisation rend donc intelligible une réalité, un phénomène perçu complexe (Le Moigne, 1990). La modélisation définit l'organisation des principaux éléments du système à prendre en compte (Repetti, 2004). Le système est borné par une *frontière* qui le sépare de son environnement et qui autorise le passage de *flux* d'entrée et de sortie (énergie, information, matière) si le système est ouvert ou semi-ouvert (figure ci-dessous). Il est doté d'une *finalité* qui induit un ensemble d'activités et de *fonctions*. Le système peut être composé de *sous-systèmes* qui ont leurs propres finalités, structures et fonctions. La *structure* est constituée par les *composantes* et les *relations* entre ces composantes qui sont non seulement *linéaires* (au sens d'une chaîne de relations sans rétroaction), mais plus généralement *circulaires* ou *rétroactives* et multiples (voir *Figure 6. Eléments de modélisation systémique* ci-dessous). L'approche systémique est donc intimement liée à la question de la complexité qui renvoie à l'intensification des interactions partielles entre plusieurs systèmes ou composantes d'un même système.

Or, un autre avantage des approches systémiques est qu'elles insistent sur la capacité de la complexité à produire les conditions de sa propre évolution (Bak, 1999) et permettent ainsi d'appréhender la question de l'incertitude. L'approche en termes de système suppose en effet l'existence d'interactions qui évoluent entre plusieurs paramètres, permettant d'identifier des tendances de fond, des coévolutions, génératrices d'incertitudes (Pigeon, 2010) ; or, précisément, de multiples incertitudes entourent la vulnérabilité au changement climatique et ses différentes

composantes, notamment en raison de l'existence de phénomènes coévolutifs entre le fait urbain et le changement climatique.

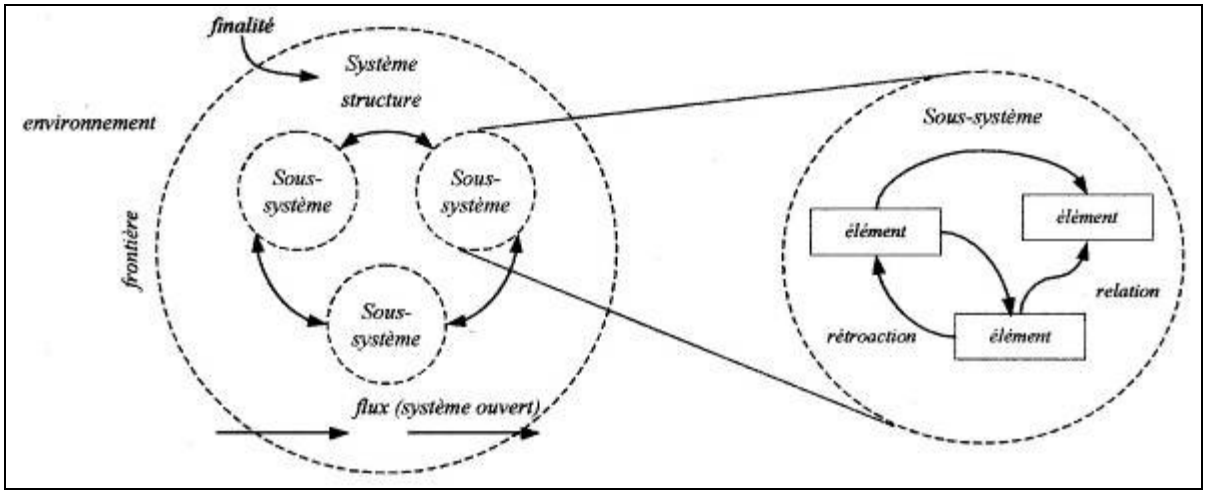


Figure 6. Eléments de modélisation systémique
Source : Desthieux, 2005, 41.

L'adoption d'une telle approche est d'ailleurs cohérente avec l'évolution des modèles généralement admis par la bibliographie internationale sur les risques « naturels » qui intègrent de manière croissante une lecture systémique ; cela suppose une remise en cause profonde de l'approche « classique » du risque fondée sur une distinction entre l'aléa et vulnérabilité qui pourrait laisser croire au lecteur peu attentif que l'aléa serait indépendant de la vulnérabilité, tout particulièrement s'il s'agit d'un aléa naturel. Il est vrai que la trajectoire d'un cyclone à petite échelle ou le foyer d'un séisme profond (par exemple, dans les zones de subduction lithosphérique) ne peut être influencée par les sociétés humaines, justifiant le maintien des références à la nature. Ce partage entre aléa et vulnérabilité se retrouve dans les différents modèles qui servent de base aux programmes de recherche lesquels s'appuient sur la bibliographie internationale. Le modèle *Pressure and Release* (PAR), dont la première représentation (Blaikie et *al*. 1996 ; Wisner et *al*., 2004) dissociait très clairement « hazard » et « vulnerability », a ainsi été choisi comme base théorique pour le programme euro-asiatique MICRODIS ; on remarque dans ce modèle l'absence de lien entre l'aléa et la vulnérabilité avant le dommage ou la catastrophe (voir *Figure 7. La version initiale du modèle PAR* ci-dessous). Cette représentation n'est clairement pas systémique puisqu'un système suppose l'existence d'interactions entre plusieurs paramètres. Il suppose aussi que ces interactions évoluent, permettant d'identifier des tendances de fond, des coévolutions.

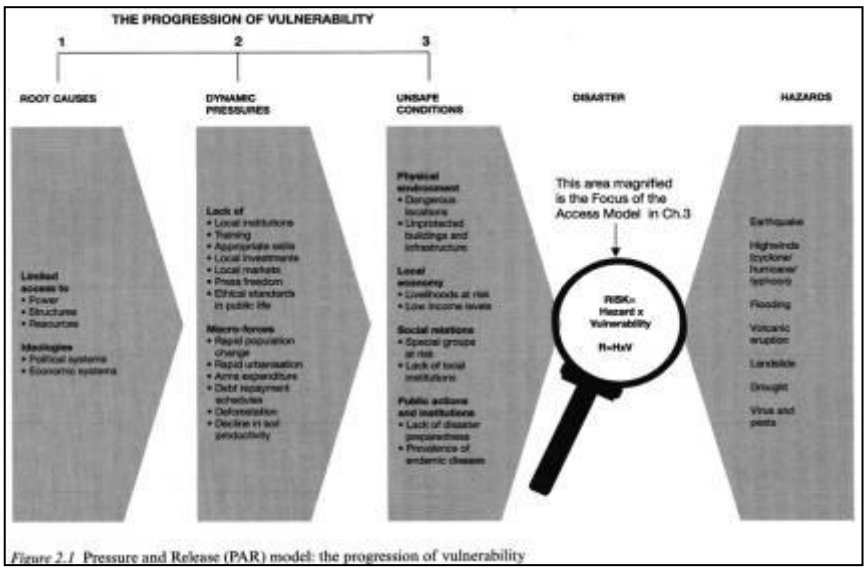


Figure 7. La version initiale du modèle PAR
Source : Blaikie et *al*., 1996 ; Wisner et *al*., 2004

Ce modèle initial étant de plus en plus discuté, les auteurs l'on fait évoluer de manière significative ainsi que l'illustre la *Figure 8. La version révisée du modèle PAR* ci-dessous où l'on peut observer que l'évolution n'est plus linéaire, mais en boucle. Les boucles représentent des coévolutions, et montrent que le modèle est devenu plus systémique. Toutefois, il n'y a toujours pas de relation autre que linéaire et supposée purement ponctuelle entre l'aléa et la vulnérabilité.

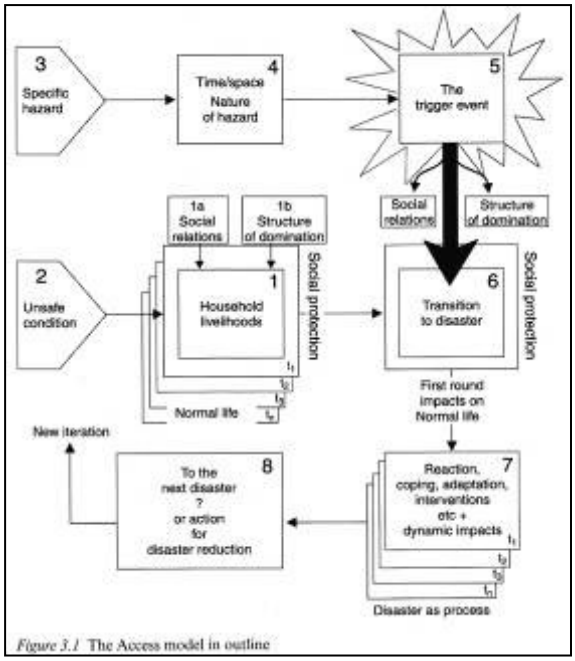


Figure 8. La version révisée du modèle PAR
Source : Wisner et *al*., 2004.

Dans cette approche, seule la vulnérabilité pourrait donner lieu à une approche systémique. Elle soulignerait que les dommages coévoluent avec les sociétés humaines qui cherchent à les gérer, d'où l'expression « risk as a process » (Villagran de Léon, 2006) (voir *Figure 9. Le risque comme*

processus dynamique ci-dessous), qui souligne le fait que le risque s'accroit au fil du temps en raison de divers processus sociaux.

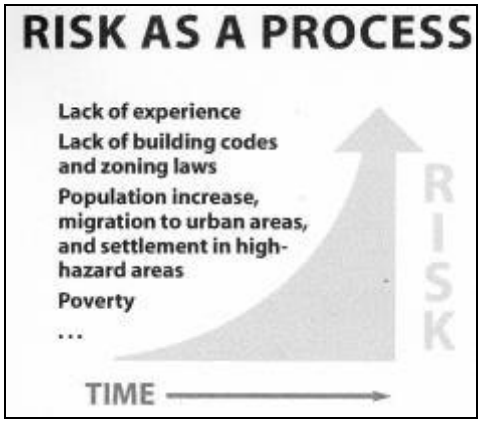


Figure 9. Le risque comme processus dynamique
Source : Villagran de Léon, 2006, 9.

De la même manière, le schéma proposé par Laganier, bien que participant d'une lecture plus systémique faisant apparaître certaines boucles de rétroaction, n'est pas totalement satisfaisant en ce qu'il situe les aléas en dehors des risques (assimilés aux vulnérabilités) et qu'il semble ne pas y avoir d'interactions entre l'espace des enjeux et celui des aléas alors que précisément, selon nous, les caractéristiques du système d'utilisation des sols vient modifier l'intensité et l'ampleur du changement climatique et celles de ses impacts qui sont d'origine anthropogénique (voir *Figure 10. Des aléas à la gestion politique des risques climatiques* ci-dessous).

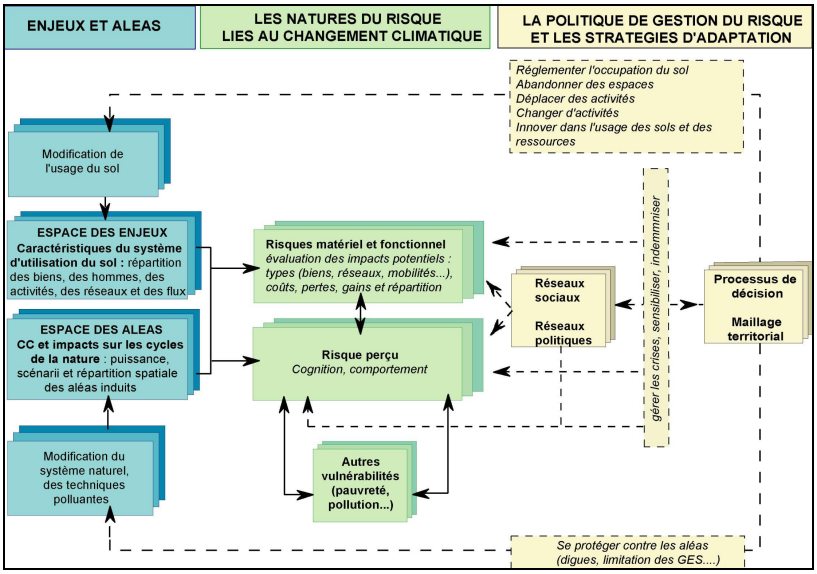


Figure 10. Des aléas à la gestion politique des risques climatiques
Source : Laganier, 2010, 28 janvier, http://www.afpcn.org/

Si l'on se réfère, en revanche, au modèle présenté par le GIEC dans son Quatrième rapport d'évaluation, qui donne une représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du

climat, des effets du changement climatique et des réponses apportées, ainsi que de leurs corrélations (voir *Figure 11. Représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du climat, des effets du changement climatique, des réponses apportées, et de leurs corrélations* ci-dessous), on observe cette fois que tous les groupes de paramètres du modèle sont en interaction, et l'on devine qu'ils doivent coévoluer. De manière significative, il ne s'agit plus de « systèmes naturels » mais de « systèmes terrestres », lesquels coévoluent avec les « systèmes humains ». Même si ce schéma est accompagné d'un texte de facture linéaire (« facteurs, impacts, réponses »), son message est bien celui de coévolutions entre les sociétés humaines et les milieux biophysiques, qui favoriseraient l'augmentation supposée des catastrophes et appelleraient des réactions humaines en retour... justifiant les recherches du GIEC[26]. Tout comme les politiques qui s'en inspirent.

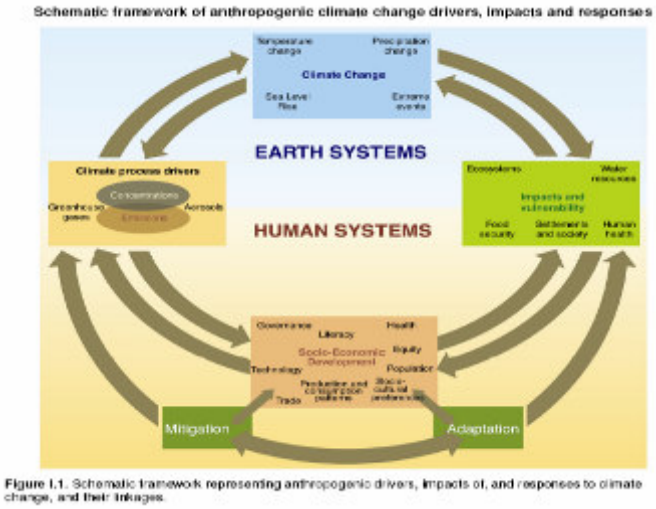


Figure 11. Représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du climat, des effets du changement climatique, des réponses apportées, et de leurs corrélations
Source : GIEC, 2007, 36.

Cette évolution des représentations est liée à la reconnaissance accrue de plusieurs phénomènes, qui tournent autour de l'intensification de l'urbanisation. En premier lieu, l'impossibilité d'éliminer les risques quelles que soient les actions politiques entreprises. L'expérience en retour montre que les dommages sont déplacés, transformés, mais que l'on ne peut espérer les voir disparaître totalement. La transformation accrue des dommages, voire l'apparition de nouveaux types de dommages, ou présumés tels, justifie d'ailleurs le passage de la notion de risque à celle d'incertitude (Godard et *al.*, 2002). On peut alors prétendre que plus les sociétés humaines espèrent gérer les risques, plus elles contribuent à transformer les peuplements humains, qui coévoluent en partie avec leurs

[26] C'est d'ailleurs ce que souligne cet extrait du rapport : « En 2001, lorsqu'est paru le troisième Rapport d'évaluation, les informations disponibles permettaient surtout d'établir ces corrélations dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire de déterminer les changements climatiques et leurs incidences à partir des données socioéconomiques et des émissions. Grâce à une meilleure connaissance de ces corrélations, il est désormais possible de les évaluer dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, autrement dit de définir des voies de développement possibles et des limitations des émissions globales susceptibles de réduire le risque d'incidences futures indésirables (GIEC, 2007, 36) ».

environnements, et plus elles contribuent à créer de l'incertitude. On retrouve ici une des marques des sociétés postmodernes dont la problématique du changement climatique global est une des illustrations actuelles : elle pose que les sociétés humaines contribuent à transformer les climats sans le vouloir, et en créant des conditions historiquement inédites. Le recours interprétatif au passé devient moins pertinent, tout comme le recours aux statistiques dites objectives, celles qui fondent une partie des calculs de probabilité qu'exige le risque (Domenichini, 2008). Tout schéma linéaire et/ou purement analytique devient alors décalé, ou contredit par le retour d'expérience. La digue ne supprime pas le risque, elle contribue à préparer de futures catastrophes. Tout spécialement si elle est utilisée pour renforcer une urbanisation supposant que cette digue élimine les risques... Les programmes de recherche actuels reposent sur ce type de bilan, qui tourne autour de la gestion de l'incertitude, ce qui suppose :

1) Des diagnostics établissant clairement l'impossibilité d'éliminer les dommages ;

2) Des diagnostics montrant quelles sont les tendances de fond, les formes de coévolutions entre les différents groupes de paramètres impliqués dans la préparation, sur la durée, des dommages et des catastrophes. Il s'agit en fait de représenter clairement la complexité (intensification des interactions partielles entre plusieurs systèmes) et l'incertitude en s'appuyant sur des retours d'expérience concrets ;

3) Des recommandations sur l'identification, la plus rapide possible, des effets non désirés, inattendus, qu'auront nécessairement les politiques qui cherchent à gérer les dommages. L'objectif est ici d'augmenter la résilience des sociétés humaines qui peut désigner la capacité des sociétés humaines à absorber les perturbations tout en conservant leurs structures fondamentales, ainsi que es processus à l'origine de ces structures (Walker et *al.*, 2002). Ces perturbations sont de plus en plus reconnues comme endogènes, liées au fonctionnement même des sociétés humaines qui coévoluent avec leurs environnements. Ce qui souligne l'intérêt des théories de la complexité qui cherchent à comprendre l'auto-organisation.

Soulignons les parentés fortes entre ces tendances de fond concernant les programmes de recherche sur les catastrophes et sur ceux qui cherchent à promouvoir le développement durable. Dans les deux cas, l'objectif est de renforcer la résilience (dans sa dimension proactive), de telle manière qu'en cas de survenue d'une perturbation, le niveau d'endommagement soit le plus faible possible. Ce qui revient à valoriser les capacités locales de gestion (renforcement de la sécurité civile, prévention accrue des dommages par l'adaptation de l'urbanisation). Les adaptations architecturales et urbanistiques (maisons passives, renforcement des espaces verts, végétalisation des surfaces, etc.) peuvent être perçues comme des moyens de lutter contre le changement climatique global en agissant à l'échelle locale, tout spécialement en milieu fortement urbanisé.

En outre, du fait du principe d'invariance et de sa nature interdisciplinaire, la pensée systémique s'applique à tous les systèmes, notamment la ville : les systèmes urbains sont caractérisés par des interdépendances complexes entre des phénomènes tant biophysiques que sociaux et la prise en compte de ces interdépendances aide à comprendre la dynamique complexe des processus qui se déroulent sur le territoire. Ce mode d'analyse de l'urbain en tant que système, qui ne consiste pas tant à s'intéresser à chacun de ses éléments constitutifs qu'à examiner avec soin leurs interactions et les interférences qui s'établissent entre eux, est en prise avec notre problématique. C'est en se centrant sur les relations de complémentarité ou de concurrence entre ses différents éléments constitutifs que peuvent être appréhendées les marges de manœuvre d'une ville pour « absorber » une perturbation (ici liée à la variabilité ou au changement climatique) ou s'y « préparer ». L'un des avantages de recourir au concept de système urbain pour analyser la vulnérabilité ou la résilience au changement climatique tient à ce qu'il introduit un double niveau d'élargissement du regard que nous avons déjà évoqué plus haut :

- Sur le plan spatial, tout d'abord, puisqu'il conduit à « sortir » de la zone soumise à l'aléa *stricto sensu* ; certains des éléments susceptibles d'influencer la vulnérabilité urbaine et les réponses locales renvoient à des échelles plus vastes comme celle des territoires dans lesquels les villes concernées par le risque climatique s'insèrent.
- Sur le plan temporel, ensuite, puisque les relations caractérisant un système urbain et ses interactions avec le système climatique incluent un certain nombre de cycles temporels d'horizons différents.

Cependant, si le concept de système urbain constitue un cadre d'analyse satisfaisant à l'échelle de la ville, il ne suffit pas pour appréhender l'ensemble des éléments susceptibles d'influencer la vulnérabilité urbaine dans la mesure où certains de ces éléments renvoient à des échelles supérieures comme celle des territoires dans lesquels les villes concernées par le risque s'insèrent. Les principes de l'analyse systémique sont ici appliqués à une échelle plus vaste qui englobe l'ensemble des réseaux territoriaux, économiques et sociaux dans lesquels elles s'encastrent (voir *infra* 2e partie du rapport).

Théorisation et conceptualisation du couple vulnérabilité-adaptation

Dans le cadre du premier axe de recherche (« Vulnérabilité, risque et résilience : signification théorique et conceptuelle »), nous avons réalisé une synthèse bibliographique pour produire un état de l'art pour chacun des concepts qui nous intéressaient : vulnérabilité, résilience, et adaptation aux impacts du changement climatique. Cet état de l'art bibliographique a porté tant sur les aspects conceptuels et théoriques que plus opérationnels. Cette recherche et cette analyse bibliographique ont

été effectuées de manière interdisciplinaire, en croisant des regards issus de différents champs des sciences humaines et de la Terre : économie, sociologie et géographie de l'environnement, climatologie, écologie globale, etc. La démarche adoptée dans ce projet a par conséquent revêtu une importante dimension de théorisation et de conceptualisation visant à mieux définir et caractériser des notions fortement interdisciplinaires et transversales sur lesquelles les points d'achoppement scientifiques et les débats sont nombreux (vulnérabilité, résilience, capacité et action d'adaptation). On s'est donc livré à une relecture des textes fondateurs des notions de vulnérabilité, d'adaptation et de résilience (humaine, sociale, urbaine, etc.) en les mettant en perspective avec les formes accentuées de risques écologiques qui pèsent sur les espaces urbanisés et les sociétés urbaines en liaison avec l'apparition du phénomène anthropique planétaire de changement climatique.

La « vulnérabilité » est un terme très en vogue depuis quelques décennies. L'engouement dont il est l'objet tient en grande partie à l'occurrence d'événements catastrophiques qui a été interprétée non pas tant comme la résurgence du « risque » que comme l'expression de la « vulnérabilité » des sociétés concernées. Ces catastrophes ont certes dramatiquement rappelé aux pays (développés en particulier) l'existence de multiples menaces, mais elles ont surtout souligné leur fragilité face à de tels épisodes, alors même qu'ils se croyaient à l'abri grâce aux progrès technologiques et scientifiques accomplis (Reghezza, 2006). D'ailleurs, la vulnérabilité est devenue peu à peu un concept central de l'analyse des risques. Lors de la Décennie Internationale pour la Réduction des Catastrophes Naturelles (DIRCN) (« *International Decade for Natural Disaster Reduction* » ou IDNDR), instaurée en 1990 sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies (ONU), va s'ouvrir pour la première fois un grand forum de discussion entre les différents acteurs concernés par les catastrophes naturelles. Une inflexion majeure se produit alors, l'attention se focalisant désormais sur la société et la réduction de la « vulnérabilité ». La conférence de Yokohama, en 1994, qui coïncide avec la parution d'un ouvrage dirigé par Blaikie et *al.*, *At Risk : Natural Hazards, People's Vulnerability*, est en effet la première à consacrer une session entière à l'évaluation de la vulnérabilité sociale et à placer la « réduction de la vulnérabilité » à l'ordre du jour de la DIRCN et au centre des recherches sur les catastrophes naturelles (Fara, 2001, 5). Le concept de vulnérabilité connaît alors un succès d'autant plus rapide que l'affirmation du principe de développement durable comme cadre d'action et de réflexion pour le 21e siècle en accélère la promotion. Lorsque se tient le Sommet de Rio, la DIRCN a débuté depuis deux ans et la thématique des risques, quelle que soit leur nature, est devenue centrale. La DIRCN diffuse au niveau international l'idée que les risques naturels résultent d'une interaction de la nature et de la société et que seule la gestion « rationnelle, raisonnable et raisonnée » de l'environnement, partie intégrante du développement durable, est à même de réduire les catastrophes naturelles. A partir de là, le risque va apparaître comme « *une mesure de la non-durabilité* (Gray et Wiedermann, 1997, 6) ». Pourtant, lorsque l'on cherche à étudier la vulnérabilité,

on se heurte d'emblée à une « *profusion de définitions* (Pigeon, 2005, 5) », qui finissent par renvoyer à des objets et à des préoccupations très différents. La notion de vulnérabilité, avec ses corrélats de risque, de capacité d'adaptation, de résilience et d'actions d'adaptation, qui a émergé au niveau international dans le champ des SHS à partir des années 1980, est aujourd'hui un concept-clé des approches en termes de développement durable ou de changement climatique. La plupart des organisations et instances internationales l'ont adopté dans leurs travaux et rapports tandis que plusieurs disciplines[27] usent de cette notion pour en faire un cadre analytique commun. Le concept de vulnérabilité a l'avantage de pourvoir être utilisé comme un cadre général pour conceptualiser et analyser les relations causales entre la nature des risques, les réponses qui y sont apportées, et les résultats ou impacts qui découlent d'événements ou de processus risqués (ONU-Habitat, 2007). La notion de vulnérabilité peut être en effet un cadre pertinent pour mieux appréhender les interactions entre les processus écologiques relatifs à la Biosphère (tels que les changements globaux) et les processus sociaux et politiques associés au développement urbain.

Concernant le recours au terme de résilience, on remarque une nouvelle fois la filiation entre écologie scientifique et recherches sur le changement climatique, développement durable et recherches sur les risques (Klein, Nicholls et Thomalla, 2003, 125). En langue française, ce terme est connu depuis le 17e siècle, mais son apparition est relativement récente dans les sciences humaines et sociales. À partir des années 1970, le terme a été utilisé dans un sens métaphorique pour décrire des systèmes qui, subissant une perturbation, avaient la capacité de se reconstruire (*Ibid*, 125) et, depuis la fin des années 1990, la résilience est devenue un concept incontournable des recherches sur la vulnérabilité. Comme le soulignent Klein *et al.* (2003), « *le concept de résilience est à présent utilisé dans une très grande variété de travaux interdisciplinaires qui concernent les interactions nature-société, incluant la réduction des catastrophes naturelles* (*Ibid*, 128) ». La résilience a été officiellement introduite dans le champ des catastrophes en 1994 dans les recommandations des Nations unies pour la conférence mondiale sur la réduction des catastrophes naturelles. La nécessite de renforcer « *la résilience et la confiance en soi des communautés locales pour faire face aux désastres naturels au travers de la reconnaissance et de la propagation de leur connaissances, pratiques et valeurs traditionnelles comme faisant partie intégrante des activités de développement* » a été fortement soulignée à cette occasion. Depuis sa consécration par l'ONU, dans le cadre d'action de Hyogo « Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes » adopté en janvier 2005 par l'UNISDR (*United Nations International Strategies for Disasters Reduction*), le concept de résilience est florissant dans la littérature sur les risques naturels ou le développement durable, mais

[27] Au plan scientifique, le concept de vulnérabilité se trouve en effet mobilisé par nombre de disciplines, qu'il s'agisse de la psychiatrie (au sujet des maladies mentales de l'adolescent par exemple), de l'économie (pour parler des marchés financiers et des investissements), de l'informatique, de la géographie (dans les recherches portant sur les risques et en particulier, les risques naturels) ou encore de l'écologie.

reste plus timide dans celle sur le changement climatique, qui préfère recourir aux termes de capacité d'adaptation (ou de capacité adaptative) et d'adaptation.

La mobilisation de la notion (de capacité) d'adaptation est relativement récente dans la littérature sur le changement climatique : elle apparaît pour la première fois en 1999 et ne commence à être citée fréquemment qu'à partir de 2003. Cela tient certainement pour partie au fait que les recherches effectuées jusqu'à présent ont été en majorité aléa-centrées et se sont donc essentiellement attachées à prévoir l'ampleur et le rythme du changement climatique ainsi qu'à comprendre les relations entre le climat et les systèmes biophysiques. L'adoption et l'utilisation de cette expression ont sans doute été popularisée par la publication du Troisième rapport d'évaluation du GIEC (2001) qui, dans le chapitre 18 intitulé « Adaptation au changement climatique dans le contexte du développement durable et de l'équité » (Smit et *al*., 2001), explique le concept en détail.

A l'issue de cet état de l'art et de cette réflexion théorique sur les concepts mobilisés, nous avons dressé une typologie des deux grands types d'approche en présence du couple vulnérabilité-adaptation afin de pouvoir en proposer une vision alternative, systémique et pluridisciplinaire, en vue de mieux décrypter les politiques locales de lutte contre le changement climatique, notamment eu égard à leur volet adaptation.

Investigations de terrain et appréciation de l'effectivité des réponses locales au défi climatique

Dans le cadre du deuxième axe de recherche (« Vulnérabilité territoriale et sociale au changement climatique : études de cas »), nous nous sommes consacrés à des études de cas dans le dessein de réaliser des monographies à la suite d'investigations sur le terrain au sein de collectivités locales de pays en développement et développés (européennes et françaises notamment). L'objectif était d'analyser comment s'opère l'intégration des préoccupations climatiques dans les politiques urbaines (modalités, formes, objectifs, référentiels, instruments d'action etc.) ce qui nous ramenait à une de nos questions de départ : est-ce qu'une ville ou une agglomération directement confrontée à des impacts du changement climatique et vulnérable à ces derniers aura davantage tendance à inscrire la question de l'adaptation de son territoire à son agenda politique ?

Pour répondre à cette interrogation, deux niveaux d'investigation ont été distingués :

- Un travail d'état de l'art consistant à analyser, à partir de la littérature disponible sur le sujet, des démarches de mise à l'ordre du jour politique de l'enjeu de l'adaptation au changement climatique (démarches initiées par des collectivités régionales et urbaines en France, en Europe et dans des PED). La participation de plusieurs membres de l'équipe, en tant qu'experts ou chercheurs, dans le cadre d'autres projets de recherche, achevés, en cours ou projetés a été une source supplémentaire de matériaux et de données : Programme Gestion et Impacts des Changements Climatiques (GICC-2)

« *Gestion territoriale du changement climatique - Une analyse à partir des politiques régionales* » (Rapport final, juillet 2007, UMR CITERES), Atelier de réflexion prospective (ARP) sur l'adaptation dans le cadre du projet « ADAGE » (ADaptation de l'AGriculture et des Ecosystèmes anthropisés au changement climatique, INRA), Programme de travail « Repenser la ville dans une société post-carbone » lancé par la Mission Prospective du MEEDDAT, Appel à projet de recherche (APR) 2009 du GICC « Actions et analyses des phénomènes d'adaptation », dans le cadre du projet « L'adaptation au changement climatique : les défis d'une approche intégrée pour les territoires » (UMR CITERES).

- Des enquêtes approfondies dans quelques collectivités urbaines et régionales, sur la base d'analyse de documents et d'entretiens avec les acteurs locaux. Il s'agissait pour les membres de l'équipe de poursuivre et d'affiner les recherches concernant des collectivités déjà étudiées (les agglomérations montréalaise et lyonnaise) et d'ouvrir de nouveaux terrains (ville de Douala au Cameroun, Brest Métropole, Chambéry et Agglomération de Saint-Etienne) qui ont été identifiés comme pertinents à la vue de leur vulnérabilité aux aléas climatiques et leur implication en matière de lutte contre le changement climatique.

Le choix des villes faisant l'objet d'une étude de terrain approfondie a été opéré sur la base du croisement de plusieurs facteurs :

- Le recensement des principaux aléas liés au changement climatique (élévation/chute des températures, élévation du niveau de la mer, multiplication des événements météorologiques extrêmes, variation des moyennes climatiques, etc.) ;
- Le recensement des espaces urbains particulièrement exposés et vulnérables à ces aléas compte tenu de leurs caractéristiques (démographie, type d'urbanisation, situation socio-économique, niveau de développement, capacité d'adaptation, etc.), leur localisation géographique (Afrique subsaharienne, Europe occidentale, Amérique du Nord), leur situation topographique (espaces côtiers, estuaires, deltas, plaines intérieures, zone de montagne, etc.) et leur climat-type (aride subsaharien, tempéré continental, etc.) ;
- Enfin, le recensement de politiques de lutte contre le changement climatique ou, *a minima*, d'actions d'adaptation locales qu'elles soient ou non explicitées en tant que telles (adaptation planifiée ou spontanée, par programmes ou par projets, mesures anticipatives ou réactives, etc.) en réponse aux impacts locaux des modifications climatiques actuelles et futures.

Le choix des études de cas, qui concilie une approche par « milieu », identifiant les spécificités des types d'espaces considérés en termes d'exposition aux impacts du changement climatique, et une approche par « terrain », focalisée sur une « typologie » multidimensionnelle des vulnérabilités territoriales et des capacités d'adaptation des zones étudiées, devait permettre, au-delà de l'observation des rouages de l'action locale, l'appréciation de l'effectivité des politiques mises en

œuvre pour faire face au changement climatique. Compte tenu du choix effectué d'élaborer une représentation systémique du couple vulnérabilité/adaptation comme grille de lecture de notre recherche, nous avons opté pour un rendu de type thématique venant nourrir notre cadre d'analyse plutôt que monographique ou comparatif, les études de cas devant nous permettre d'« alimenter » notre cadre théorique au vu de la réalité du terrain. Les spécificités des espaces considérés tant en termes d'urbanisation, de caractéristiques socio-économiques, de localisation géographique que de vulnérabilités, l'ambition plus ou moins forte des démarches des collectivités en matière d'adaptation et plus généralement de lutte contre le changement climatique ou de développement urbain durable, l'accès plus ou moins aisé à un discours sur les enjeux climatiques, sont autant d'éléments justifiant cette approche. Compte tenu de ce choix, nous nous sommes efforcés de suivre une logique commune, non pas dans la perspective de réaliser un travail comparatif systématique, mais en vue d'harmoniser les résultats attendus des enquêtes de terrain : pour ce faire une Charte commune des enquêtes, comportant une trame et une grille d'entretien détaillées, a été élaborée par l'équipe (voir document à l'annexe III.1 Charte commune). Cette démarche se justifiait d'autant plus que les données ont été en partie recueillies dans le cadre de mémoires et de stages réalisés par des étudiants en Master 2 « Management Public » à l'Université Rennes 2, en Master « Politiques Territoriales de Développement Durable » à l'Université du Mans, et en 3e année d'études d'ingénieur à l'Ecole Polytechnique Universitaire de Tours (Département Aménagement, Master 2 Recherche), de Master 2 à l'Université de Chambéry et de Master 2 « Commerce et Management des Affaires Internationales » (CMAI) à l'IUP de Lille 1.

Précisons toutefois que la démarche retenue n'impliquait pas nécessairement un lien affirmé par les acteurs locaux entre des actions entreprises localement et le changement climatique : certains territoires peuvent être soumis à des vulnérabilités fortes, sans pour autant engendrer d'actions ou de discours intégrant explicitement la dimension climatique. Bien que certaines incidences du changement climatique se manifestent déjà, la prise de conscience de la nécessité d'agir par les acteurs locaux commence à peine à s'opérer et les politiques en la matière n'en sont qu'à leurs balbutiements. Le foisonnement d'initiatives locales est essentiellement conçu dans l'optique de l'atténuation du changement climatique ; dans la plupart des cas, le volet « adaptation » est totalement absent, et même lorsqu'il existe, il reste embryonnaire. Cet état de fait a conditionné nos investigations qui ne pouvaient donc se centrer uniquement sur le volet « adaptation », tout juste naissant dans les politiques climatiques locales. Mais surtout, les risques de « maladaptation », révélateurs des contradictions inhérentes à tous projets de développement durable, nous obligeaient à analyser dans leur ensemble les politiques urbaines et supposaient de se pencher en particulier sur l'état de l'intégration des deux volets climatiques et leur articulation aux politiques de développement durable émergentes. C'est pourquoi cette recherche, bien que volontairement focalisée sur la

dimension de l'« adaptation » au changement climatique, impliquait cependant de resituer les pratiques et stratégies d'adaptation dans le cadre d'une – éventuelle – « politique climat locale » et plus largement de développement urbain durable.

Les retours d'expériences fournis par les responsables locaux et autres parties prenantes (organismes publics, associations, ONG, bureaux d'études…) rencontrés ont été analysés aussi finement que possible afin d'identifier le type d'approche du couple vulnérabilité-adaptation mis en avant localement à partir de la typologie élaborée dans le cadre de cette recherche. Cela nous a également permis d'apprécier l'effectivité opérationnelle des stratégies d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques en milieu urbain en analysant les facteurs de réussite et d'échec de ces politiques destinées à accroître la résilience urbaine.

I.2. Le triptyque vulnérabilité, résilience et adaptation : signification théorique et portée conceptuelle.

Les liens entre les différents concepts de vulnérabilité, résilience, adaptation et capacité adaptative sont l'objet d'intenses débats et méritent d'être explorés plus avant (Cutter et *al.*, 2008). Car il ne suffit pas de constater la vulnérabilité, la résilience ou l'adaptation urbaine à la variabilité ou au changement climatique pour en comprendre les ressorts. On se heurte immédiatement à la complexité de ces trois concepts : qu'entend-on exactement par vulnérabilité, résilience ou adaptation au changement climatique, quels en sont les facteurs déterminants ? La vulnérabilité, la résilience ou l'adaptation urbaine, qui sont simultanément multidimensionnelles, multidisciplinaires, multisectorielles et dynamiques, ne sont pas des concepts simples à appréhender, surtout dans un contexte de changement climatique, qui en a modifié la signification et la portée.

I.2.1. Vulnérabilité

L'aptitude à pourvoir apprécier les vulnérabilités des sociétés humaines est perçue de manière croissante comme un pas essentiel franchi vers une réduction des risques effective et la promotion d'une culture de la résilience aux désastres. A la lumière de la fréquence croissante des catastrophes et de la dégradation écologique continue de la planète, appréhender la vulnérabilité dans toute sa complexité est perçu comme une tâche cruciale si l'objectif des sciences est d'aider à opérer la transition vers un monde plus soutenable (Kasperson et al., 2005). Kofi Annan (2003), le Secrétaire Général des Nations unies a d'ailleurs souligné que les aléas ne deviennent des catastrophes qu'à partir du moment où les vies et les moyens d'existence de personnes sont balayés. Cette perception contraste fortement avec les recherches et les stratégies du passé qui ont souvent été purement aléa-centrées (Lewis, 1999).

Plutôt que de définir principalement les catastrophes comme des occurrences physiques, requérant largement des solutions technologiques, il convient de les concevoir comme le résultat d'interactions complexes entre un événement physique potentiellement dangereux (ici les aléas liés au changement et à la variabilité climatiques) et les vulnérabilités d'une société, son infrastructure, son économie et son environnement qui sont déterminés par les comportements et les choix humains. Vus sous cet éclairage, les catastrophes naturelles doivent être comprises comme des désastres « non-naturels » (Cardona, 1993 ; van Ginkel, 2005). Par conséquent, la promotion de sociétés résilientes aux catastrophes nécessite un changement de paradigme faisant passer d'une focalisation du regard sur les risques et leur quantification à une attention toute particulière accordée à l'identification, l'évaluation et le classement des différentes vulnérabilités (Bogardi et Birkmann, 2004).

Face à la polysémie dans l'emploi du terme de vulnérabilité, dont Theys et Fabiani ont souligné qu'il souffrait « *d'un trop-plein sémantique puisqu'il évoque aussi bien la dépendance ou la fragilité, la centralité, l'absence de régulation efficaces, le gigantisme ou la faible résilience* (*Ibid*, 1987) », il nous semblait essentiel de pouvoir en clarifier les différentes acceptions. Toutefois, avant de retracer les significations et les emplois du terme de vulnérabilité dans le langage scientifique des risques « naturels » et du changement climatique (comme risque anthropogénique), il nous est apparu indispensable d'en rappeler l'usage dans le langage courant dans la mesure où l'emploi qui en est fait dans le langage académique en découle.

La vulnérabilité dans le langage courant

D'un point de vue étymologique, le mot « vulnérabilité » vient du bas latin *vulnerabilis*, lui-même construit à partir du verbe *vulnerare,* « infliger une blessure à, blesser », et du suffixe *–abilis,* « qui peut être, enclin à ». L'étymologie suggère ainsi que le fait d'« être blessé » « puisse » se produire (possibilité et non nécessité) (ADAM, 2008, 17). Dans le langage courant, la vulnérabilité est le caractère de ce qui est vulnérable, c'est-à-dire de ce « *qui peut être blessé, frappé par un mal physique* » ou, au plan moral, de ce « *qui peut être facilement atteint, se défend mal* » (Petit Robert, 1991, 2122), l'adjectif « vulnérable » étant le plus souvent attribué à une personne ou un objet, qui peut être très généralement désigné sous le vocable d'« entité ». On retrouve d'ailleurs l'idée de blessure dans les termes de dommages et de pertes qui interviennent fréquemment dans les définitions scientifiques de la vulnérabilité (Reghezza, 2006, 67). Si l'on pousse un peu plus loin l'analyse de l'emploi du terme dans le langage courant, il ressort, en premier lieu, un lien inextricable de la notion de vulnérabilité avec celle d'incertitude : une entité est vulnérable (maintenant) s'il existe une possibilité qu'elle soit « attaquée » ou « blessée » (plus tard) ; ce concept a donc une qualité prédictive en situation d'incertitude : « *La vulnérabilité est un terme hypothétique et*

prédictif » (Blaikie et *al.,* 1994[28]), ou comme l'expriment Calvo et Dercon (2005), « *la vulnérabilité est utilisée comme une magnitude de la menace [...], mesurée ex ante, avant que le voile de l'incertitude n'ait été soulevé*[29] ». Cette idée d'incertitude est aussi relayée par l'analyse des auteurs du projet ADAM (2008), selon lesquels la propriété de « vulnérabilité » est attribuée à une entité à un certain point *t* du temps sur la base de l'information (selon que le dommage est possible ou non) dont on dispose sur le futur (relatif à *t*). Dans la mesure où cette information est requise à l'instant *t*, cela implique une incertitude puisque, par définition, « *le futur est, bien sûr, inconnu* » (Adger, 2006). Cependant, l'incertitude n'est pas un simple effet secondaire résultant de « *notre inaptitude à voir le futur* (ADAM, 2008, 17)», mais une caractéristique inhérente au concept de vulnérabilité, introduite par l'idée de « possibilité » (*Ibid*, 17)[30]. De l'analyse, il ressort en second lieu que le nom abstrait « vulnérabilité », construit en ajoutant le suffixe « -ité », décrit une propriété qui admet des degrés. Le langage courant utilise souvent des formulations du type « telle personne est plus vulnérable que telle autre », révélant par là-même la propriété grammaticale de comparaison de l'adjectif vulnérable, ce qui signifie que le degré auquel le modificatif modifie son complément peut être distingué. La notion de vulnérabilité, utilisée pour désigner un état de fragilité, une propension à subir des dommages, exprime donc la plus ou moins grande susceptibilité d'une personne ou d'un bien d'être à la merci de la moindre atteinte, blessure, attaque, ou, au contraire, de leur capacité plus ou moins forte à résister face à un risque donné[31]. L'analyse de l'emploi du terme de vulnérabilité dans le langage commun permet ainsi d'identifier deux « primitifs » de la notion (ADAM, 2008, 31) :

- l'entité dans un état donné à un moment du temps et son évolution future incertaine ;
- la notion d'effets négatifs ou de dommages.

Toutefois, lorsque le terme de vulnérabilité est employé dans le langage courant, les situations futures possibles ne sont que rarement explicitées pas plus que n'est spécifiée l'évaluation des dommages (*Ibid*, 31).

La nature multifacette de la vulnérabilité dans le langage des risques naturels

La terminologie relative à la vulnérabilité en tant que terme technique dans le champ des risques naturels, et plus spécifiquement dans celui des changements globaux, est très abondante (Brooks, 2003). La littérature en question offre un foisonnement de définitions de la vulnérabilité,

[28] "vulnerability is a hypothetical and predictive term" (Blaikie et *al.,* 1994).

[29] "Vulnerability is used as the magnitude of the threat [...], measured ex ante, before the veil of uncertainty has been lifted." (Calvo et Dercon, 2005).

[30] Cela est illustré clairement lorsque l'on examine la vulnérabilité passée d'une entité à un point du temps précédent t_{pr} : Comme le temps a passé, l'évolution de l'entité après l'instant t_{pr} a été observée, néanmoins la vulnérabilité n'est pas nécessairement déterminée par cette évolution observée. Lorsqu'aucun dommage ne s'est produit, personne n'en conclurait que l'entité n'était pas vulnérable (elle a peut être juste été chanceuse). L'évolution observée ne fournit pas nécessairement assez d'information sur la possibilité de dommage qui existait à l'instant t_{pr}. Par conséquent, dans la spécification de la vulnérabilité d'une entité à un instant *t*, il est essentiel que l'évolution soit décrite comme le futur incertain tel qu'il est perçu à l'instant *t* (ADAM, 2008, p. 17).

[31] Définitions données respectivement par Le Petit Larousse illustré, 2005 et Le Petit Robert : dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, 2004.

comme en témoignent plusieurs articles (Adger, 2006 ; O'Brien et *al.*, 2007 ; Thywissen, 2006) consacrés à une revue de la littérature ou sites internet dédiés à ce concept[32], qui en ont recensé plus d'une trentaine. A première vue, les définitions de la vulnérabilité avancées dans cette littérature académique semblent beaucoup plus complexes que celle utilisée dans le langage courant suivant laquelle la vulnérabilité signifie qu'un dommage est possible dans le futur (voir *supra*). La vulnérabilité est définie dans le langage scientifique à partir d'autres concepts tels que ceux d'impacts, de danger, de risque, de capacité à faire face ou à s'adapter, ou encore de résilience, autant de termes qui nécessitent eux-mêmes d'être définis. Cependant, les concepts scientifiques « collent » le plus souvent à la structure de la définition « basique » ou courante de la vulnérabilité. Au sein des différentes définitions examinées, des éléments récurrents peuvent être identifiés et classés suivant neuf « thèmes » : propriété (graduée), dimensions, entité vulnérable, futur incertain, risque, action, dommage, cause du dommage et « autres » (ADAM, 2008). On notera au passage que les deux « primitifs » de la vulnérabilité précédemment identifiés, le futur incertain et les dommages, font partie des éléments récurrents des définitions scientifiques.

Pour réduire le foisonnement des définitions existantes (voir *Encadré 4. Quelques exemples du foisonnement de définitions de la vulnérabilité aux aléas* ci-dessous), on peut les regrouper en trois groupes distincts : premièrement, les définitions qui mettent l'accent sur les caractéristiques ou l'étiologie de l'aléa et les pertes associées avec sa localisation ; deuxièmement, celles qui perçoivent l'événement comme un construit social plutôt que comme une condition biophysique ; et enfin, celles où la vulnérabilité est perçue à la fois comme un risque biophysique et une réponse sociale (Adger, 1999).

1) Un premier ensemble de définitions de la vulnérabilité relève des sciences physiques et ingénieuriales au sein desquelles le risque est pensé en termes de probabilité d'occurrence et d'impacts. La vulnérabilité renvoie alors au degré d'endommagement potentiel des enjeux suite à la réalisation d'un aléa dont les paramètres sont plus ou moins bien connus (Nicholls, Hoozemans et Marchand, 1999). Cette vulnérabilité « technique » ou « biophysique » est définie comme la conséquence, en termes d'endommagement physique, d'un aléa sur des enjeux (bâtiments, réseaux, infrastructures, populations…). Cela présente l'avantage de rendre la notion facile à quantifier, car ne sont pris en compte que des éléments matériels objectifs, tels que l'intensité de l'aléa, le degré d'exposition, la densité de population, ou la qualité et la capacité de résistance des constructions (liée à la qualité des matériaux utilisés)…. La lutte contre ce type de vulnérabilité se traduit notamment par l'édiction de normes de construction, de réglementations et de planifications pour l'occupation des sols, ou par la mise au point de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques de construction. Une telle définition de la vulnérabilité est critiquable dans la mesure où la société y est considérée

[32] www.vulnerabilitynet.org/definitions

comme passive, victime de la défaillance des systèmes bâtis ou techniques (Veyret et Reghezza, 2005). Or, la réalité du risque est bien plus complexe. Elle fait intervenir de nombreux autres paramètres (notamment sociaux, culturels, ou économiques), qui doivent également être pris en compte.

Adger (2000)
"Individual and collective vulnerability and public policy determine the social vulnerability to hazards and environmental risks, defines here as the presence or lack of ability to withstand shocks and stresses to livelihood (following Chambers 1989; Watts and Bohle 1993; Adger 1999)"
Alexander (1993)
"Human vulnerability is a function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster."
Blaikie et al. (1994)
"By vulnerability we mean the characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard. It involves a combination of factors that determine the degree to which someone's life and livelihood are put at risk by a discrete and identifiable event in nature or in society."
Board (1989)
"Vulnerability is operationally defined as the inability to take effective measures to insure against losses. When applied to individuals vulnerability is a consequence of the impossibility or improbability of effective mitigation and is a function of our ability to detect the hazards."
Bohle et al. (1994)
"Vulnerability is best described as an aggregate measure of human welfare that integrates environmental, social, economic and political exposure to a range of potential harmful perturbations. Vulnerability is a multilayered and multidimensional social space defined by the determinate, political, economic and institutional capabilities of people in specific places at specific times."
Cannon (1994)
"Vulnerability is a measure of the degree and type of exposure to risk generated by different societies in relation to hazards. Vulnerability is the a characteristic of individuals and groups of people who inhabit a given natural, social and economic space, within which they are differentiated according to their varying position in society into more or less vulnerable individuals and groups."
Chambers (1989)
"Vulnerability refers to exposure to contingencies and stress, and difficulty in coping with them. Vulnerability has thus two sides: an external side of risks, shocks, and stress to which an individual or household is subject: and an internal side which is defenselessness, meaning a lack of means to cope without damaging loss."
Cutter (1993)
"Vulnerability is the likelihood that an individual or group will be exposed to and adversely affected by a hazard. It is the interaction of the hazards of place (risk and mitigation) with the social profile of communities."
Cutter (1996)
"Vulnerability is conceived as both a biophysical risk as well as a social response, but within a specific areal or geographic domain. This can be geographic space, where vulnerable people and places are located, or social space—who in those places is most vulnerable."
Cutter et al. (2000)
"Broadly defined, vulnerability is the potential for loss of property or life from environmental hazards."
Dow (1992)
"Vulnerability is the differential capacity of groups and individuals to deal with hazards based on their positions within physical and social worlds."
Dow and Downing (1995)
"Vulnerability is the differential susceptibility of circumstances contributing to Vulnerability. Biophysical, demographic, economic, social and technological factors such as population ages, economic dependency, racism and age of infrastructure are some factors which have been examined in association with natural hazards."
Downing (1991b)
"Vulnerability has three connotations: it refers to a consequence (e.g., famine) rather than a cause (e.g., drought); it implies an adverse consequence; and it is a relative term that differentiates among socioeconomic groups or regions, rather than an absolute measure of deprivation."
Gabor and Griffith (1980)
"Vulnerability is the threat (to hazardous materials) to which people are exposed (including chemical agents and the ecological situation of the communities and their level of emergency preparedness). Vulnerability is the risk context."
IPCC (1997)
"Vulnerability is defined as the extent to which a natural or social system is susceptible to sustaining damage from climate change. Vulnerability is a function of the sensitivity of a system to changes in climate and the

ability to adapt the system to changes in climate. Under this framework, a highly vulnerable system would be one that is highly sensitive to modest changes in climate."

Kates (1985)

"Vulnerability is the capacity to suffer harm and react adversely."

Liverman (1990a)

"Distinguishes between vulnerability as a biophysical condition and vulnerability as defined by political, social and economic conditions of society…vulnerability is defined both in geographic space (where vulnerable people and places are located) and in social space (who in that place is vulnerable)."

Living with Risk : A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. UN

"The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards."

Mitchell (1989)

"Vulnerability is the potential for loss."

Oliver-Smith, UNU EHS and MunichRe Summer Academy, 2006

"Social vulnerability is a critique of the modern project to create a rational society; it is fundamentally a political enterprise of social critique of the failure of society".

Pijawka and Radian (1985)

"Vulnerability is the threat or interaction between risk and preparedness. It is the degree to which hazardous materials threaten a particular population (risk) and the capacity of the community to reduce the risk or adverse consequences of hazardous materials releases."

Smith (1992)

"Risk from a specific hazard varies through time and according to changes in either (or both) physical exposure or human vulnerability (the breadth of social and economic tolerance available at the same site)."

Springer Oswald, lecture to the MunichRe UNU EHS summer academy, 2006

"Complex local networks sustain humans in normal times. Human vulnerabilities during change, hazard, disaster or conflict related to global warming are usually a matter of disruption of these networks."

Susman et al. (1984)

"Vulnerability is the degree to which different classes of society are differentially at risk."

Timmerman (1981)

"Vulnerability is the degree to which a system acts adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of the adverse reaction are conditioned by a system's resilience (a measure of the system's capacity to absorb and recover from the event)."

UNDP (2004) Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development.

"A human condition or process resulting from physical, social, economic and environmental factors, which determine the likelihood and scale of damage from the impact of a given hazard."

UNDRO (1982)

"Vulnerability is the degree of loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude."

UNEP (1999)

"Vulnerability is a function of sensitivity to present climatic variability, the risk of adverse future climate change and capacity to adapt…The extent to which climate change may damage or harm a system ; vulnerability is a function of not only the systems' sensitivity, but also its ability to adapt to new climatic conditions."

Vogel (1998)

"Vulnerability is perhaps best defined in terms of resilience and susceptibility including such dimensions as physical, social, cultural and psychological vulnerability and capacities that are usually viewed against the backdrop of gender, time, space and scale (e.g. Anderson and Woodrow, 1989)"

Watts and Bohle (1993)

"Vulnerability is defined in terms of exposure, capacity and potentiality. Accordingly, the prescriptive and normative response to vulnerability is to reduce exposure, enhance coping capacity, strengthen recovery potential and bolster damage control (i.e., minimize destructive consequences) via private and public means."

Encadré 4. Quelques exemples du foisonnement de définitions de la vulnérabilité aux aléas
Source : http://www.vulnerabilitynet.org/definitions

2) Un second ensemble regroupe les définitions employées en SHS qui ont fait évoluer ce concept de vulnérabilité en fonction du constat suivant : l'impact de l'aléa ne dépend pas seulement de l'exposition à la source de danger, mais est également conditionné par les propriétés sociales intrinsèques du territoire. Ces approches, moins aléa-centrées, cherchent à déterminer les conditions de l'endommagement et, par extension, la capacité de réponse de l'entité menacée (Veyret et Reghezza, 2006). La vulnérabilité désigne alors l'absence de capacité de la société à faire face à une crise ou à un changement, la difficulté d'une personne, d'un groupe d'humains, d'une organisation ou

d'un territoire à anticiper un phénomène destructeur, à l'affronter, à lui résister et à récupérer après sa survenue (Allen, 2003). Ces définitions font appel à d'autres notions telles que la résilience ou la capacité d'adaptation et perçoivent la vulnérabilité comme un état *antérieur* à la catastrophe qui se révèle lors de l'occurrence d'un aléa. Dans le cadre du Projet CapHaz-Net (2010), la vulnérabilité est ainsi définie comme « *l'état d'un système avant qu'un événement ne produise un désastre* (*Ibid,* WP4, 9) ». Il s'agit d'une propriété de l'enjeu considéré, dépendant d'un certain nombre de facteurs structurels qui sont eux-mêmes fonction des caractéristiques internes de cet enjeu. Lorsque l'on parle de systèmes humains, on emploiera de préférence le terme de « vulnérabilité sociale », tandis que pour tout autre type de système (notamment un écosystème), on parlera de « vulnérabilité inhérente » (Brooks, 2003, 4). La littérature sur le sujet révèle que la vulnérabilité sociale peut embrasser divers aspects et caractéristiques qui sont liés aux vulnérabilités socialement créées. Au fil de ses prolongements, cette vulnérabilité « sociale » n'est plus uniquement constituée de la perte potentielle de choses inertes, mais devient une caractéristique des groupes sociaux agissants qui contribuent eux-mêmes à produire le risque, et dépend de facteurs économiques, culturels ou institutionnels (Metzger et d'Ercole, 2008). En d'autres termes, la vulnérabilité n'est plus entendue « *seulement comme l'ensemble des dommages potentiels provoqués lorsqu'un aléa se réalise, mais également comme l'ensemble des facteurs qui rendent une société plus ou moins fragile face à des événements désastreux* (Revet, 2008) ». Le concept de vulnérabilité sociale est ainsi bien plus large que la seule propension à ce que les constructions s'effondrent et à ce que les infrastructures soient endommagées ; selon Cannon et *al*. (2003, 5), elle renvoie à une série de caractéristiques liées aux personnes et à leur environnement qui incluent le bien-être initial (statut nutritionnel, santé physique et mentale), les moyens d'existence et la résilience (ressources et capitaux, revenus et qualifications), l'autoprotection (capacités et volonté de construire une habitation sûre et d'utiliser un site sûr), la protection sociale (mesure de préparation et d'atténuation), les réseaux sociaux et politiques ou encore les institutions (capital social, environnement institutionnel et les proches). Cette définition avancée par Cannon et *al*. (2003) reflète le fait que la vulnérabilité sociale n'est que partiellement déterminée par le type d'aléa ; elle découle principalement des moyens d'existence précaires, des degrés d'autoprotection et de protection sociale insuffisants, du manque de qualifications et des dysfonctionnements ou inadéquation des installations institutionnelles qui définissent le contexte global au sein duquel un individu ou une communauté endure et répond aux impacts négatifs d'un événement aléatoire (Cannon et al., 2003, 5). Par conséquent, le concept de vulnérabilité sociale n'est pas limité aux fragilités sociales mais inclut des éléments tels que les inégalités sociales (de revenu, d'âge, de genre, etc.), de même que des caractéristiques des communautés et de l'environnement construit, comme les niveaux d'urbanisation, de taux de croissance et de vitalité économique (Cutter et *al*., 2003, 243). Cependant, une définition commune fait défaut à ce concept de vulnérabilité

sociale, ce qui signifie que les différents auteurs la conçoivent et l'utilisent de diverses manières (voir *Encadré 5. Quelques exemples de définitions de la vulnérabilité sociale* ci-dessous).

Working definition(s): Social Vulnerability	**Exemplar reference source**
A term used to define the susceptibility of social groups to potential losses from hazard events or society's resistance and resilience to hazard.	Blaikie *et al*., 1994 Hewitt, 1997
The characteristics of a person or group and their situation that influence their capacity to anticipate, cope with, resist and recovery from the impact of a natural hazard … It involves a combination of factors that determine the degree to which someone's life, livelihood, property and other assets are put at risk by a discrete and identifiable event … in nature and in society.	Wisner *et al*., 2004
Social vulnerability derives from the activities and circumstances of everyday life or its transformations.	Hewitt, 1997
The condition of a given area with respect to hazard, exposure, preparedness, prevention, and response characteristics to cope with specific natural hazards. It is a measure of the capability of this set of elements to withstand events of a certain physical character.	Weichselgartner, 2001
The product of social inequalities 'it is defined as the susceptibility of social groups to the impacts of hazards, as well as their resiliency or ability to adequately recover from them …susceptibility is not only a function of demographic characteristics … but also more complex constructs such as health care provision, social capital and access to lifelines'.	Cutter and Emrich, 2006
Emanates from social factors that place people in highly exposed areas, affect the sensitivity of people to that exposure, and influence their capacity to respond and adapt.	Yarnal, 2007

Encadré 5. Quelques exemples de définitions de la vulnérabilité sociale
Source : CAP-HAZNet, 2010.

Par conséquent, suivant les auteurs, la vision de la vulnérabilité sociale peut ou non inclure les éléments de la vulnérabilité physique. Ainsi, pour Cutter et *al*. (2003, 243), la vulnérabilité sociale englobe davantage que les impacts socio-économiques puisqu'elle comprend également les caractéristiques des dommages physiques potentiels dans l'environnement construit ; dans une perspective proche, Downing et *al*. (2006) définissent six attributs qui caractérisent la vulnérabilité sociale :

- une exposition différenciée aux expériences de stress ou anticipées par les différentes unités exposées ;
- un processus dynamique ;
- un enracinement dans les actions et les multiples attributs des acteurs humains ;
- une détermination fréquente par les réseaux sociaux dans les interactions sociales, économiques, politiques et environnementales ;
- une manifestation simultanée sur plusieurs échelles ;
- une influence et une émergence provoquée par de multiples stress.

En revanche, d'autres auteurs distinguent clairement les fragilités socio-économiques et le manque de résilience en tant que conditions du contexte social (qui favorisent les impacts de

second ordre), d'une part, et les dommages physiques causés par l'exposition et la sensibilité physique de l'environnement construit (reliés aux impacts de premier ordre), d'autre part (Cardona, 1999 ; Cardona et Hurtado, 2000 ; Cardona et Barbat, 2000 ; Carreno et *al*., 2005).

Alors que la vulnérabilité biophysique est une vulnérabilité spécifique à l'aléa, la vulnérabilité sociale ne l'est pas forcément : cette dernière est une propriété du système qui existe *indépendamment* de l'aléa au sens où un système est vulnérable que l'aléa se produise ou non. Elle est en revanche latente : seule l'occurrence de l'aléa la révèle et lui permet de se manifester. L'impact de l'aléa ne dépend donc pas seulement de l'exposition à la source de danger : il est conditionné par les propriétés sociales du système. Autrement dit, « *les lieux vulnérables du point de vue biophysique ne sont pas toujours ceux des populations vulnérables* (Ford, 2002, 14.) ». Ford rappelle ainsi que, dans certaines régions exposées à un aléa intense, les pertes économiques pourront être élevées, mais du fait des systèmes d'assurance ou d'aide à la reconstruction, les populations peuvent se relever rapidement. De la même façon, un système de gestion de crise efficace, des infrastructures de prise en charge des victimes performantes, une protection civile bien équipée et bien formée permettront de limiter le nombre de victimes.

La vulnérabilité sociale dépend de plusieurs facteurs dont D'Ercole et Thouret (1996) ont proposé une synthèse. Ces facteurs peuvent être d'ordre structurel ou conjoncturel (même si la plupart du temps, les facteurs conjoncturels sont rattachés à des facteurs structurels plus profonds). Les facteurs structurels permanents, dont l'évolution rend une population et ses biens plus ou moins vulnérables, sont multiples : sociodémographiques et économiques ; socioculturels ; techniques ou physiques, liés au bâti et aux matériaux exposés ; fonctionnels, désignant la qualité de la prévention et de l'organisation des secours en cas de catastrophe ; enfin, institutionnels ou politico-administratifs, fondant la planification et la réglementation en matière de risque. En outre, d'autres facteurs, géographiques et conjoncturels, rendent compte d'une vulnérabilité contingente, c'est-à-dire temporaire et imprévisible, dans un lieu donné et au moment de l'impact d'un aléa. Parmi ces facteurs, certains sont dits « génériques », au sens où ils déterminent une vulnérabilité valable pour tous les aléas. D'autres sont en revanche « spécifiques », au sens où ils conditionnent uniquement la capacité de résistance à certains types d'aléa. Les facteurs purement sociaux, structurels, sont la plupart du temps des facteurs génériques. Ils influent en revanche sur d'autres facteurs, notamment sur les propriétés physiques de résistance, qui eux sont spécifiques. La pauvreté peut, par exemple, être responsable du non-respect des règles de construction ou de l'emploi de matériaux inadaptés. Les bâtiments seront alors vulnérables aux séismes, mais pas à la sécheresse, par exemple.

Dans le cadre de la vulnérabilité sociale, dépendante de la façon dont la société est organisée et organise le territoire, ce sont plutôt les causes secondaires ou indirectes des dommages potentiels qui sont recherchées dans les propriétés sociales et intrinsèques du système. Les facteurs de vulnérabilité sociale pouvant être d'ordre économiques, culturels (degré de connaissance et d'information sur le risque, expérience), institutionnels et administratifs (implication, coordination des acteurs compétents, organisation de la gestion de crise, de la reconstruction), structurels et environnementaux, ils sont difficilement chiffrables et quantifiables. Ces facteurs sont très souvent liés et imbriqués et interagissent entre eux (agir sur un facteur peut avoir des conséquences sur un autre, etc.) (voir *Encadré 6. Récapitulatif et classification des différents facteurs et indicateurs de vulnérabilité* ci-dessous). La somme de ces deux vulnérabilités « technique ou biophysique » et « sociale » permet ainsi de représenter la « vulnérabilité globale » du territoire exposé à l'aléa (Revet, 2008).

	Type de vulnérabilité	Facteurs de vulnérabilité	Indicateurs (liste non exhaustive)
Facteurs de vulnérabilité des territoires exposés	**Vulnérabilité biophysique ou technique**	Aléas	Intensité
			Cinétique
	Résistance physique des enjeux matériels et humains	Exposition	Urbanisation
			Densité de population exposée
		Résistance	Robustesse
	[Données objectives et quantifiables]		Sensibilité
	Vulnérabilité sociale	Culture/connaissance/conscience du risque	Information
			Participation au processus décisionnel
			Expérience antérieure du risque
	Capacité de la société à faire face et à se reconstruire	Organisation institutionnelle et administrative du territoire exposé	Participation/Implication des acteurs compétents
			Coordination des politiques publiques sur le territoire
			Organisation de la gestion de crise (surveillance, alerte, organisation des secours)
	[données subjectives]		Organisation de la reconstruction et de la réparation
		Capacités économiques	Niveau socio-économique des acteurs

Encadré 6. Récapitulatif et classification des différents facteurs et indicateurs de vulnérabilité
Source : Revet, 2008

3) Un troisième ensemble relève des approches systémiques qui tentent de faire la « synthèse » entre les vulnérabilités biophysiques et sociales au sein d'un système unique qualifié de système socio-écologique (SSE). La plupart des auteurs qui se rattachent à cette vision soulignent le fait que la vulnérabilité globale (biophysique et sociale), non plus entendue comme un état mais comme un processus, est simultanément :

- multidimensionnelle et différentielle (elle varie suivant les espaces physiques et entre et au sein des groupes sociaux ;

- dépendante des échelles spatio-temporelles (elle varie aussi dans le temps et dans l'espace) et des unités d'analyse retenues (individus, ménages, groupes ou communautés, régions, éléments ou systèmes, etc.) ;
- dynamique (les caractéristiques et les moteurs de la vulnérabilité évoluent dans le temps).

Le concept de vulnérabilité globale comprend ainsi diverses caractéristiques qui sont gouvernées par de multiples stress, des expositions et des sensibilités différenciées et sont souvent enracinées dans de multiples attributs et circonstances de l'environnement élargi (y compris liées aux acteurs humains et réseaux sociaux) qui rendent les personnes ou les communautés aptes à faire face aux impacts d'un événement aléatoire ou qui, à l'inverse, limitent leur aptitude à y résister ou à s'y adapter (ce qui renvoie à la résilience). Cela souligne aussi le fait que l'analyse des trajectoires de dommages peut contribuer à l'identification des vulnérabilités révélées comme à l'estimation des vulnérabilités actuelles et potentielles dans le futur. Le défi réside alors dans la possibilité de développer une approche équilibrée entre le contexte général (indicateurs macro-économiques) d'un côté, et le contexte local (indicateurs plus précis et spécifiques, soit locaux, soit relevant des méso-échelles) et qui puisse aussi s'appuyer sur les vulnérabilités révélées dans le passé.

L'un des enseignements que l'on peut tirer des développements ci-dessus relatifs à la vulnérabilité est que au fur et à mesure de l'approfondissement des analyses sur cette question, on a assisté à une complexification et un élargissement progressif du concept (Birkmann, 2005) suivant un *continuum* de définitions allant de la plus étroite (vulnérabilité intrinsèque définie comme un facteur de risque interne) à la plus large (vulnérabilité multidimensionnelle englobant des caractéristiques physiques, sociales, économiques, environnementales et institutionnelles) (processus d'élargissement symbolisé par la flèche partant de la sphère la plus étroite et allant vers la plus large dans la *Figure 12. Les sphères-clés du concept de vulnérabilité* ci-dessous).

Quasiment toutes les conceptions de la vulnérabilité ont en commun de la percevoir comme la « face interne du risque », en lien étroit avec les discussions autour de la vulnérabilité comme caractéristique intrinsèque d'un système ou d'un élément exposé à un risque. Cela signifie que les conditions de l'unité ou de la communauté (sensibilité) exposées à un risque sont perçues comme les caractéristiques centrales de la vulnérabilité (UN/ISDR, 2004; Cardona, 2004a/b; Wisner, 2002), et représentent le socle commun de toutes les définitions avancées de la vulnérabilité (illustré par le plus étroit des cercles situé au cœur de la *Figure 12. Les sphères-clés du concept de vulnérabilité*).

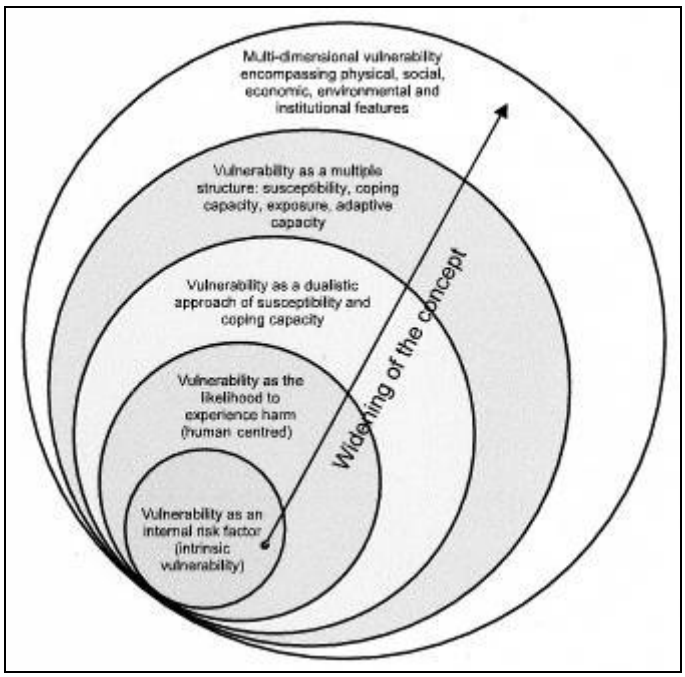


Figure 12. Les sphères-clés du concept de vulnérabilité
Source : Birkmann, 2005.

De manière intéressante, cette compréhension de la vulnérabilité comme étant la « face interne du risque » et comme une « caractéristique intrinsèque » d'un élément soumis au risque peut s'appliquer à des entités très diverses, telles que des communautés, des groupes sociaux (conditions socio-économiques, cadre institutionnel), des structures et des caractéristiques physiques de constructions et/ou de lignes de vie (structure physique), de même qu'à des écosystèmes ou des fonctions et des services environnementaux (écosystèmes, capital environnemental).

Une première extension de cette définition peut être perçue au travers de celle avancée par Wisner (2002, 12-17), qui définit la vulnérabilité, principalement reliée aux personnes, comme désignant la prédisposition à souffrir de blessures, décès, pertes et ruptures dans les moyens d'existence face à un événement extrême, et/ou de difficultés inhabituelles à récupérer des impacts négatifs provoqués par des aléas. Cette définition souligne le fait que les éléments principaux de la vulnérabilité sont constitués par les conditions qui accroissent et déterminent la prédisposition des êtres humains à encourir des blessures, décès, pertes et ruptures dans leurs moyens d'existence. Par conséquent, une deuxième sphère, plus large et englobant la première, peut être dessinée à partir de cette définition anthropo-centrée.

Sur la base du second cercle, une nouvelle extension de la vulnérabilité a été opérée : la « prédisposition à être blessé » a en effet été élargie par l'accent mis sur une structure dualiste de la vulnérabilité qui peut être observée dans les définitions proposées par Wisner (2002) et partiellement par Chambers (1989) et Bohle (2001). Wisner identifie clairement la « prédisposition à la blessure » et les « difficultés inhabituelles à récupérer » face à de tels événements comme étant les

caractéristiques clés de la vulnérabilité. Cela signifie que le concept de vulnérabilité est élargit en percevant celle-ci comme impliquant une approche à double face, avec, d'un côté, la sensibilité et, de l'autre, les difficultés inhabituelles à faire face et à se remettre du choc subit. Cependant, la double structure de la vulnérabilité mise en avant par Bohle (2001) ne consiste pas simplement à distinguer l'« exposition » et la « capacité à faire face » ; cette dualité réside plutôt dans la séparation entre les caractéristiques externes (l'exposition aux risques et aux chocs) et internes (capacité à anticiper et à faire face aux impacts d'un aléa) de la vulnérabilité d'un élément exposé à un risque (voir *Figure 13. Les deux faces de la vulnérabilité* ci-dessous). Dans ce contexte, une troisième sphère peut être associée à cette vision duale de la vulnérabilité, qui souligne le fait que la vulnérabilité est formée et déterminée par la propension à souffrir d'une blessure (sensibilité, connotation négative) et par l'aptitude et la capacité à faire face et à récupérer (connotation positive) de ces stress et impacts négatifs liées à l'occurrence de l'aléa (Wisner, 2002, 12–17).

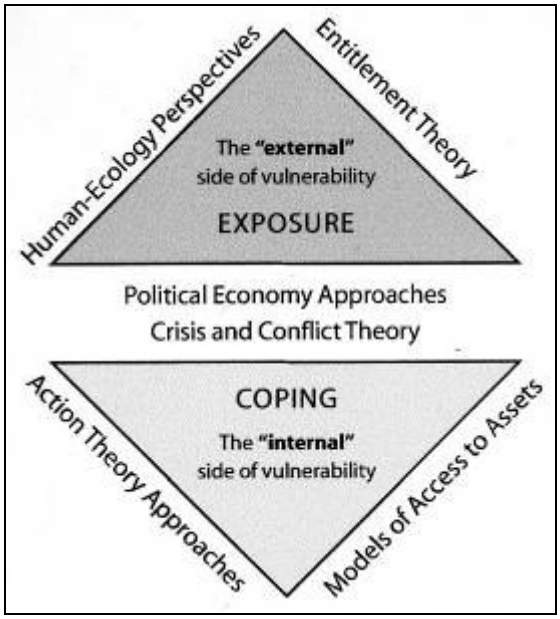


Figure 13. Les deux faces de la vulnérabilité
Source : Bohle, 2001 et 2004.

A partir de cette troisième sphère, le passage d'une conception à « double structure » à une « structure multidimensionnelle » de la vulnérabilité peut être interprété lui aussi comme un élargissement additionnel du concept (voir *Figure 12. Les sphères-clés du concept de vulnérabilité* ci-dessus). L'appréhension de la vulnérabilité dans la communauté scientifique sur le changement climatique ou au sein de celle du développement durable (Turner et *al*., 2003) met ainsi en lumière le fait que ce concept englobe non seulement l'exposition, la sensibilité et la capacité à faire face, mais également les capacités adaptatives, les réponses (adaptation) et les interactions avec les perturbations et les stress. Cela permet de tracer une quatrième sphère qui étend encore davantage le concept de vulnérabilité conçue comme une structure multidimensionnelle complexe en interaction avec les aléas. A cet égard, alors que la perspective traditionnelle de l'ingénierie des risques se

concentre surtout sur les aspects physiques de la vulnérabilité, les approches plus systémiques mettent en avant la nécessité de prendre en compte différents paramètres qui forment et déterminent la vulnérabilité (UN/ISDR, 2004), telles que les caractéristiques physiques, économiques, sociales, environnementales et institutionnelles ; certaines approches soulignent aussi la nécessité d'intégrer des facteurs moteurs planétaires qui ont un impact sur la vulnérabilité, comme la mondialisation ou le changement climatique (Vogel et O'Brien 2004, 3 ; O'Brien et Leichenko, 2000). Cela implique que l'attention se détourne d'une analyse aléa-dépendante fondée principalement sur la structure biophysique de la vulnérabilité pour s'orienter vers une analyse interdisciplinaire large et englobante du concept multidimensionnel de vulnérabilité (Cardona, 2004).

La nature multidimensionnelle ou multi-facette de la vulnérabilité aux aléas a été symbolisée par l'analogie du diamant (voir *Figure 14. Analogie du diamant et nature multi-facette de la vulnérabilité* ci-dessous), sans que la taille et la position des différentes facettes ne soient représentatives de caractéristiques particulières ; le nombre de facettes et leurs interrelations sont encore fortement débattues au sein de la littérature ; la nature et parfois même la direction des relations entre chaque facette n'a pas encore été clarifiée, bien que l'analogie du diamant reconnaisse que de telles relations existent. La force de ces relations et les liens entre les différentes dimensions de la vulnérabilité varient d'une facette à l'autre, de même que dans le temps et l'espace (Parker et *al*., 2009).

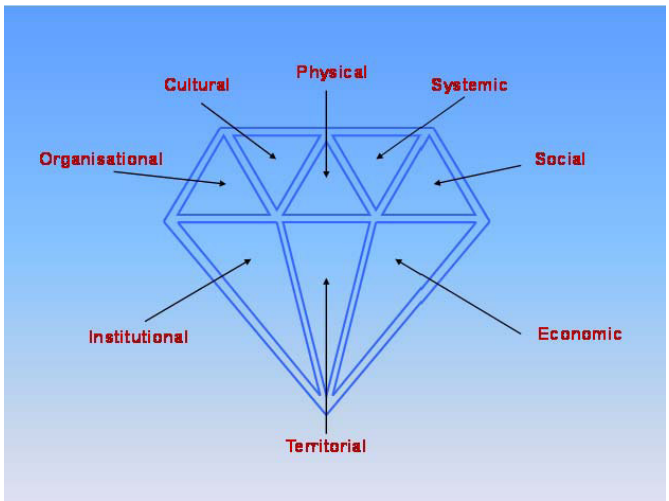


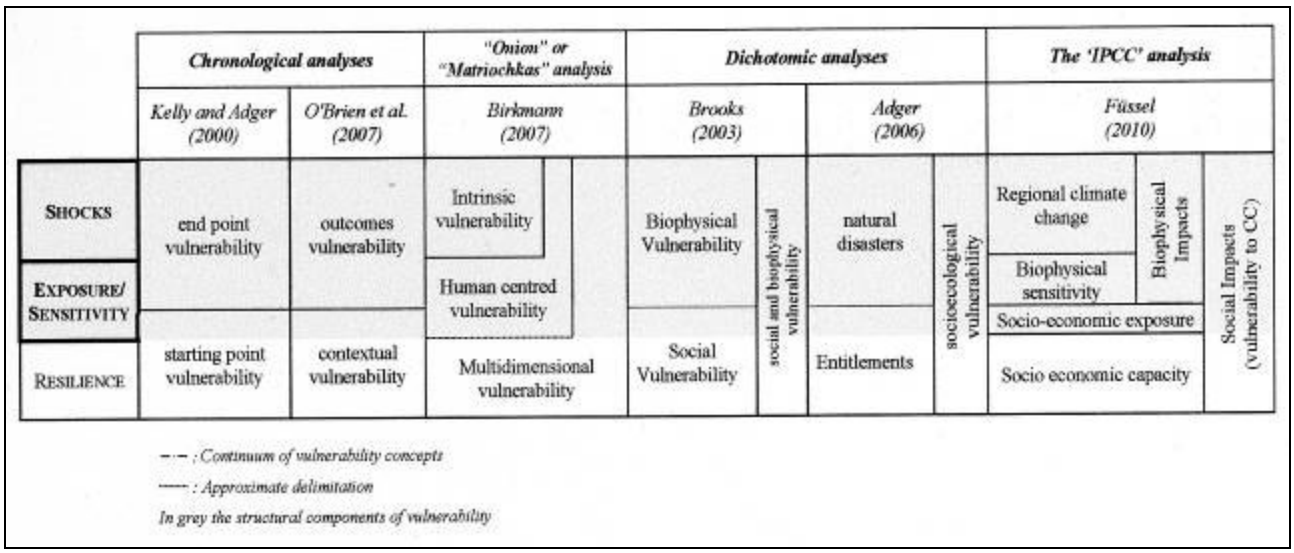
Figure 14. Analogie du diamant et nature multi-facette de la vulnérabilité
Source : Parker et *al*., 2009.

Dans ce diagramme, la facette « physique » est perçue comme la probabilité ou la potentialité de dommages structurels sur les constructions, les véhicules, les infrastructures et les « lignes de vies » (chauffage, nourriture, eau) et peut éventuellement inclure les faiblesses physiques des humains. La vulnérabilité systémique est associée à l'endroit et à la manière dont un événement pourrait se propager au travers de systèmes et leur susceptibilité d'être inaptes à fonctionner (i.e. les lignes de vie). La facette culturelle renvoie à la probabilité ou la potentialité de pertes en croyances

indigènes, coutumes ou habitudes, et en artefacts et modes de vie qui leur sont liés. Cela peut inclure l'indépendance culturelle et la surimposition d'idées et de concepts provenant de sources externes.

La facette « organisationnelle » se réfère à la potentialité de pertes et d'une aptitude réduite à récupérer causées par l'exposition d'individus, de communautés ou d'économies locales aux conséquences néfastes découlant de défauts cruciaux d'une organisation. La facette institutionnelle élargit l'attention sur les arrangements institutionnels et les conséquences potentielles de défauts critiques des institutions et des arrangements institutionnels. Dans les cas les plus extrêmes, l'effondrement de la gouvernance nationale pourrait être un résultat qui se manifesterait en partie par la corruption (Wisner, 2000). La vulnérabilité « territoriale », un concept contesté au sein des sciences sociales et politiques, implique une unité d'espace et une territorialité. Cette dernière est vue par le projet ENSURE (Parker et *al*., 2009) comme un assemblage unique et dynamique de culture, de croyances historiques et actuelles, d'habitudes, d'attitudes, d'actifs et de capitaux qui caractérisent, ou même définissent, un espace ou un territoire spécifique et ses liens avec les autres territoires. La vulnérabilité « économique » est perçue comme la susceptibilité ou la potentialité de pertes en actifs économiques et en productivité. Cela inclut la perte de moyens d'existence que ces actifs supportent et la richesse et l'indépendance économique qu'ils créent ensemble avec la perte financière et la dépendance à la dette et la capacité à récupérer des pertes. Enfin, la vulnérabilité « sociale », pour laquelle existent une multitude de définitions ainsi que nous l'avons vu précédemment, est elle-même multidimensionnelle (voir *supra*).

Au-delà, de la variété de définitions et de contenus qui peut être attribuée à la vulnérabilité, les approches peuvent aussi relever de visions assez contrastées suivant qu'elle procèdent d'analyses chronologiques ou séquentielles de la vulnérabilité conçue comme point de départ ou d'arrivée au regard de l'occurrence d'un choc ou aléa, par couches ou strates successives allant de la définition la plus étroite à la plus large de la vulnérabilité, d'analyses dichotomiques ou synthétiques suivant qu'elles distinguent vulnérabilité biophysique et sociale ou les associent en une vision globale, ou encore de visions holistiques et systémiques mettant l'accent sur les interactions dynamiques entre les différentes composantes de la vulnérabilité. Guillaumont et Simonet (2011) ont formulé une première synthèse de ces divers cadres d'analyse de la vulnérabilité à la lumière de la définition des chocs ou aléas, de l'exposition et de la résilience (voir *Encadré 7. Cadres d'analyse de la vulnérabilité à la lumière des aléas, exposition/sensibilité et résilience* ci-dessous), cadres sur lesquels nous reviendrons plus précisément au fil de ce rapport.



Encadré 7. Cadres d'analyse de la vulnérabilité à la lumière des aléas, exposition/sensibilité et résilience

Source : Guillaumont et Simonet, 2011, 10.

Les différents cadres conceptuels et analytiques de la vulnérabilité dans le champ des risques et du changement climatique

Les différentes sphères conceptuelles de la vulnérabilité, précédemment évoquées, sont aussi reflétées dans les divers cadres d'analyse qui ont été formalisés par les différentes écoles de pensée en présence. Au fil de la complexification de la notion, la « vulnérabilité » s'est progressivement imposée dans la littérature sur le changement climatique pour devenir une notion équivalente à celle de « risque » utilisée par la communauté spécialisée dans la gestion des « catastrophes naturelles » (Füsel et *al*., 2002). Dans la mesure où il existe des liens évidents entre certains types de risques naturels (par exemple, les inondations) et le changement climatique, il n'est guère surprenant que les spécialistes de ces deux types d'aléas aient en commun de se pencher sur le concept de vulnérabilité quoique de manière quelque peu différenciée suivant la communauté scientifique à laquelle ils appartiennent : en relation avec la résilience pour les uns et l'adaptation et/ou la capacité d'adaptation pour les autres. On reviendra à l'occasion de l'examen de ces deux concepts sur le fait de savoir si la capacité d'adaptation (aptitude à s'adapter), qui est un élément important de la vulnérabilité, est similaire ou non à la résilience. Une autre différence de ces deux communautés tient aux types d'aléas envisagés : tandis que les recherches sur le changement climatique mettent fortement l'accent sur les changements graduels et progressifs (tel que l'élévation du niveau de la mer), celles relatives au risque de catastrophes « naturelles » se focalisent sur les crises et les désastres liés à des risques soudains (Birkmann et *al*., 2009). Une autre différence entre ces deux communautés tient à ce que, contrairement à la littérature sur les catastrophes « naturelles », la problématique climatique a dès le départ exclut la distinction entre facteurs internes (vulnérabilité) et externes (aléa) du risque en

considérant que les actions anthropogéniques affectent l'environnement et, par conséquent, la plupart des aléas (ici climatiques).

Dans les réflexions et travaux consacrés aux évolutions climatiques, la vulnérabilité se définit comme étant le degré selon lequel un système risque de subir ou de tolérer les effets néfastes du changement climatique. En premier lieu, ce concept met l'accent sur les impacts négatifs, c'est-à-dire les « effets néfastes » du changement climatique, comme l'illustre très clairement le quatrième rapport d'évaluation du GIEC qui considère que la vulnérabilité « *détermine dans quelle mesure un système est touché, sans pouvoir se défendre, par les effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité et les extrêmes climatiques* (GIEC, 2007, 21)». La vulnérabilité ainsi conçue fait abstraction des avantages ou des effets bénéfiques qui pourraient découler d'un climat en évolution. Le GIEC (2001) précise toutefois que « *la vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des variations climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et sa capacité d'adaptation* (*Ibid*)». La capacité de saisir les opportunités offertes par le changement climatique est en effet fonction de la capacité d'adaptation et ce sera d'ailleurs un des objectifs de l'adaptation que d'en tirer profit. Reconnaître la nécessité de prendre en considération la capacité d'adaptation des systèmes est d'ailleurs ce qui distingue la vulnérabilité de la sensibilité. Cette dernière ne tient pas compte de l'effet modérateur de l'adaptation alors que la vulnérabilité peut être vue sous l'angle des conséquences qui subsistent après le recours aux mesures d'adaptation. Les premières études sur les impacts du changement climatique mettaient fréquemment l'accent sur la sensibilité des enjeux alors que la plupart des recherches les plus récentes sont axées sur la vulnérabilité étant donné qu'il est désormais largement admis que les capacités adaptatives et les mesures d'adaptation exerceront une grande influence sur l'ampleur de ces impacts. Ainsi que Kelly et Adger (1999) l'ont souligné, « *les études sur les conséquences du changement climatique sont sans intérêt si la vaste gamme d'options dont on dispose en matière d'adaptation n'est pas prise en compte* ». Car, même si la vulnérabilité d'un système est considérée comme relativement faible en raison de sa forte capacité d'adaptation, ce dernier peut néanmoins subir d'importantes conséquences néfastes si des mesures d'adaptation appropriées ne sont pas appliquées. Evaluer la vulnérabilité suppose que l'on considère les principaux stress, tant climatiques que non climatiques, qui s'exercent sur un système ou une région, de même que les influences des conditions socioéconomiques sur la capacité d'adaptation (Füssel et Klein, 2006). D'ailleurs, le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (2007) a conclu que, dans toutes les régions du monde, peu importe le degré de prospérité, certaines sous-régions, certains secteurs et certaines collectivités sont plus vulnérables que d'autres au changement climatique. Beaucoup de sociétés humaines ont beau avoir une forte capacité d'adaptation et disposer de ressources financières adéquates, elles peuvent malgré tout n'avoir pas

pris de mesures efficaces pour s'adapter au changement, à la variabilité et aux extrêmes climatiques (Adger et *al.*, 2007).

Ainsi, la vulnérabilité globale d'une ville au changement climatique est à triple composante et s'exprime, en premier lieu, au travers des impacts biophysiques qui sont aléa-spécifiques ou aléa-dépendants et dépendent de l'exposition et de la sensibilité physique du système ; la vulnérabilité s'exprime, ensuite, *via* des impacts sociaux, qui sont non-aléa spécifiques et dépendent de caractéristiques intrinsèques du système (inégalités, dysfonctionnements, manque de solidarité, etc.) sources de fragilités qui préexistent à l'aléa et indépendamment de lui ; elle s'exprime, enfin, par l'intermédiaire du manque ou de l'inadéquation des capacités adaptatives du système (Füssel et Klein, 2006), qui déterminent sa capacité à « faire face » (Bohle, 2004) et à répondre aux impacts des aléas. Envisager l'évolution et le devenir d'une ville dans un contexte de changement climatique avec lequel elle coévolue nécessite que l'on comprenne la façon dont le climat auquel la ville considérée se trouve exposée devrait changer (par exemple, températures plus élevées, fortes pluies plus fréquentes), la sensibilité biophysique ou la fragilité socio-économique du système à ces changements (par exemple, la relation entre la surmortalité des personnes âgées et les vagues de chaleur, la relation entre les dommages aux infrastructures et la survenue d'inondations causées par des pluies intenses) et la possibilité de faire face et de s'adapter à ces évolutions climatiques (par exemple, en changeant les caractéristiques des bâtiments et constructions, en concevant différemment la planification urbaine et l'occupation des sols). Dans cette perspective, si les décideurs locaux continuaient d'autoriser les constructions en zones inondables sans faire d'ajustements, le système urbain pourrait subir de graves dommages ou ne pas être en mesure de tirer profit de nouvelles occasions.

Au sein de la littérature sur les risques et le changement climatique, une grande diversité d'approches de la vulnérabilité et des liens qu'elle entretient avec les concepts afférents de risque, d'exposition, de sensibilité, de résilience, etc., peuvent néanmoins être distinguées, parmi lesquelles nous en présentons une dizaine ci-après, sans prétendre à l'exhaustivité (Birkmann, 2006).

La double structure de la vulnérabilité

Pour ce premier type d'approches, la double structure de la vulnérabilité est symbolisée par une face externe, l'exposition aux risques et aux chocs, et une face interne, la capacité à faire face, qui se réfère à la capacité à anticiper et à résister et à récupérer des impacts dus à un aléa (voir *Figure 13. Les deux faces de la vulnérabilité* ci-dessus). Au sein des sciences sociales, cette distinction entre l'exposition à des menaces (externes) et à la capacité (interne) d'un ménage, d'un groupe ou d'une société affectés à les surmonter s'appuie sur les perspectives de la géographie sociale et les recherches menées par Bohle (2001, 119) sur les famines. La vulnérabilité est ici clairement définie

comme une réponse sociale potentiellement préjudiciable à des événements et des changements (environnementaux, par exemple). De manière intéressante, le cadre conceptuel adopté par Bohle considère l'exposition aux aléas et aux chocs comme une composante clé de la vulnérabilité elle-même. Conçue ainsi l'exposition va au-delà d'une simple exposition spatiale pour englober des caractéristiques liées à la théorie des dotations et des perspectives d'écologie humaine. Au sein du débat sur la vulnérabilité sociale, le terme exposition traite aussi des caractéristiques sociales et institutionnelles, autrement dit des processus qui accroissent l'absence de défenses et conduisent à un risque accru de catastrophe comme l'exclusion des réseaux sociaux par exemple. Ces caractéristiques modifient l'exposition d'une personne ou d'un groupe au risque (Cannon et *al*., 2003). De plus, ce cadre de la « double structure » souligne le fait que la vulnérabilité ne peut être caractérisée de manière adéquate sans prendre en compte simultanément les capacités à faire face et de réponse définies comme la face interne de la vulnérabilité.

Le « *sustainable livelihood framework* »

Alors que le modèle de la double structure de la vulnérabilité (Bohle, 2001) perçoit la vulnérabilité comme étant l'exposition d'un système aux chocs et aux facteurs de stress (vulnérabilité externe) et la capacité à y faire face ou à y répondre (vulnérabilité interne), la seconde approche englobe deux concepts majeurs (DIFID, 1999 ; Chambers et Conway, 1992) : la soutenabilité (concept lié à l'aptitude à faire face et à récupérer de stress et de chocs et à maintenir la base de ressources naturelles critiques) (DFID, 1999, et les moyens d'existence (moyens de gagner sa vie, y compris les « capabilités » et les actifs tangibles et intangibles). Les éléments clés de cette approche reposent sur les cinq actifs ou capitaux (humain, naturel, financier, social et physique) qui fondent les moyens d'existence, le contexte de vulnérabilité (chocs, tendances et saisonnalités) et l'influence de la transformation des structures pour les stratégies de moyens d'existence et leurs résultats (voir *Figure 15. The sustainable livelihood framework* ci-dessous). Ce cadre, qui peut être interprété comme un mélange d'éléments d'intervention et de réponse, souligne tout particulièrement le fait que la transformation des structures (dans le système gouvernemental ou le secteur privé), et les processus respectifs (lois, culture, etc.) influencent le contexte de vulnérabilité et les moyens d'existence dont ils déterminent l'accès des personnes. Elle met également l'accent sur la nécessité de donner des possibilités d'agir aux groupes locaux marginalisés afin de réduire effectivement la vulnérabilité (DFID, 1999). Cette approche peut être liée aux catégories utilisées dans la communauté sur les risques naturels : les différents chocs peuvent être vus comme incluant les composants de l'aléa ; les cinq actifs constituant les moyens d'existence peuvent représenter les enjeux exposés et sensibles ; enfin, les transformations des structures et des processus peuvent être interprétées comme

les causes d'origine, les pressions dynamiques ou les forces motrices telles que définies dans les autres cadres d'analyses.

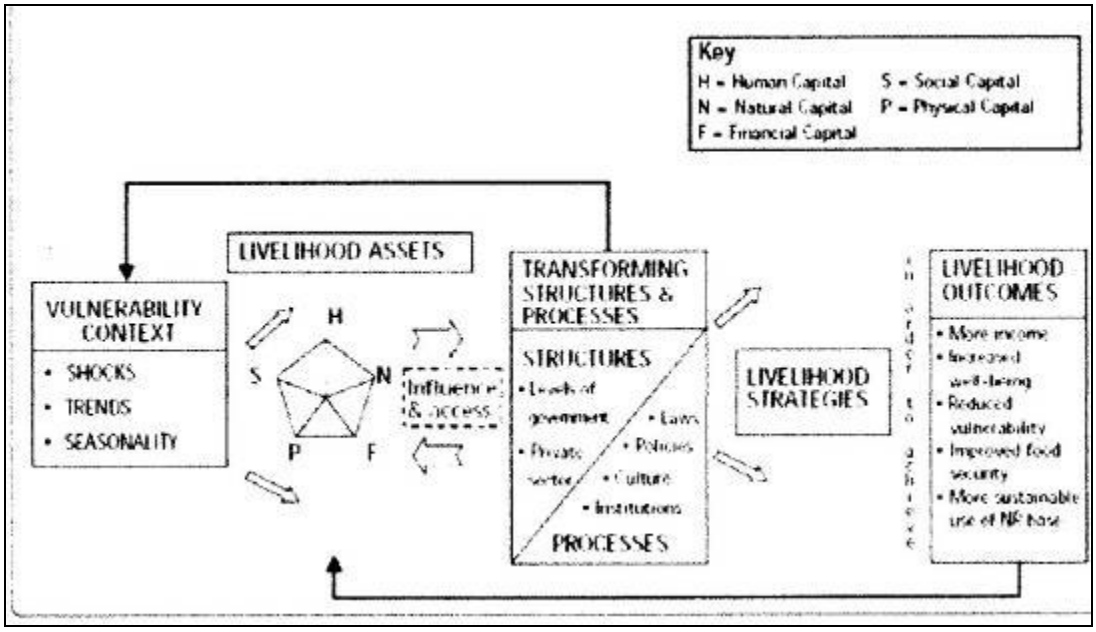


Figure 15. The sustainable livelihood framework
Source: DFID, 1999.

<u>Le cadre conceptuel des risques de catastrophes (*Disaster Risk*)</u>

Une troisième école de pensée, illustrée par le cadre conceptuel largement utilisé dans la communauté sur les risques de catastrophe sépare la vulnérabilité, d'un côté, des capacités à faire face et de l'exposition, de l'autre (Davidson, 1997 ; Bollin et *al*., 2003). Trois types d'approches différentes peuvent illustrer la variété de modèles utilisés dans la littérature sur les risques de catastrophes naturelles :

- Le « cadre du risque de désastre » (''*Disaster Risk Framework*'') de Davidson (1997), adopté par Bollin et *al*. (2003), perçoit la vulnérabilité comme une composante du risque qui est la somme de quatre éléments (voir *Figure 16. Le « cadre du risque de désastre »* ci-dessous) : l'aléa, l'exposition, la vulnérabilité, la capacité à faire face et les mesures de réponse.

Figure 16. Le « cadre du risque de désastre »
Source : Davidson (1997), Bollin et *al*. (2003)

Cette approche, de « facture très linéaire » et qui place l'exposition, les capacités et les mesures de réponse en dehors de la vulnérabilité, nous semble aujourd'hui complètement dépassée.

- Le « triangle du risque » (''*risk triangle*'') de Villagràn de León (2001), qui s'est inspiré du modèle développé par Crichton (1999) (voir *Figure 17. Le « triangle du risque »* ci-dessous), montre que le risque découle de la combinaison de trois composantes : l'aléa, la vulnérabilité et les déficiences dans la préparation. La vulnérabilité est ici définie comme les conditions préexistantes qui rendent les infrastructures, les processus, les services et la productivité plus enclins à être affectés par un aléa externe. Bien que le terme d'exposition ne soit pas ici mentionné, celle-ci est perçue par l'auteur comme une composante de l'aléa.

Figure 17. Le « triangle du risque »
Source: Villagràn de León (2001).

- Le « cadre pour la réduction des risques de catastrophe » (''*Framework for Disaster Risk Reduction*'') de l'UN/ISDR (2004) fournit une vue d'ensemble des différentes phases à prendre en compte dans la réduction des risques telles que l'analyse de la vulnérabilité, celle de l'aléa, l'évaluation du risque, du système d'alerte précoce et des réponses ; il n'indique toutefois pas comment réduire la vulnérabilité peut diminuer le risque de désastre (voir *Figure 18. Le « cadre pour la réduction des risques de catastrophe »* ci-dessous). La vulnérabilité est placée en dehors du cadre de réponse et de préparation face au risque et, de fait, la vulnérabilité et le risque ne peuvent être réduit directement selon ce schéma. Les flèches partant de la vulnérabilité et des aléas pointent en direction de l'analyse des risques, mais l'opportunité de réduire les vulnérabilités elles-mêmes n'est pas explicitement montrée. La figure souligne le fait que l'alerte précoce, la préparation et les réponses pourraient réduire les impacts de la catastrophe, bien que le lien entre les facteurs de risque (vulnérabilité et aléas) et l'application des mesures de réduction des risques ne soit pas inclut. De plus, ce cadre ne donne pas de réponse sur le fait de savoir si l'exposition doit être perçue comme une caractéristique de l'aléa ou des vulnérabilités.

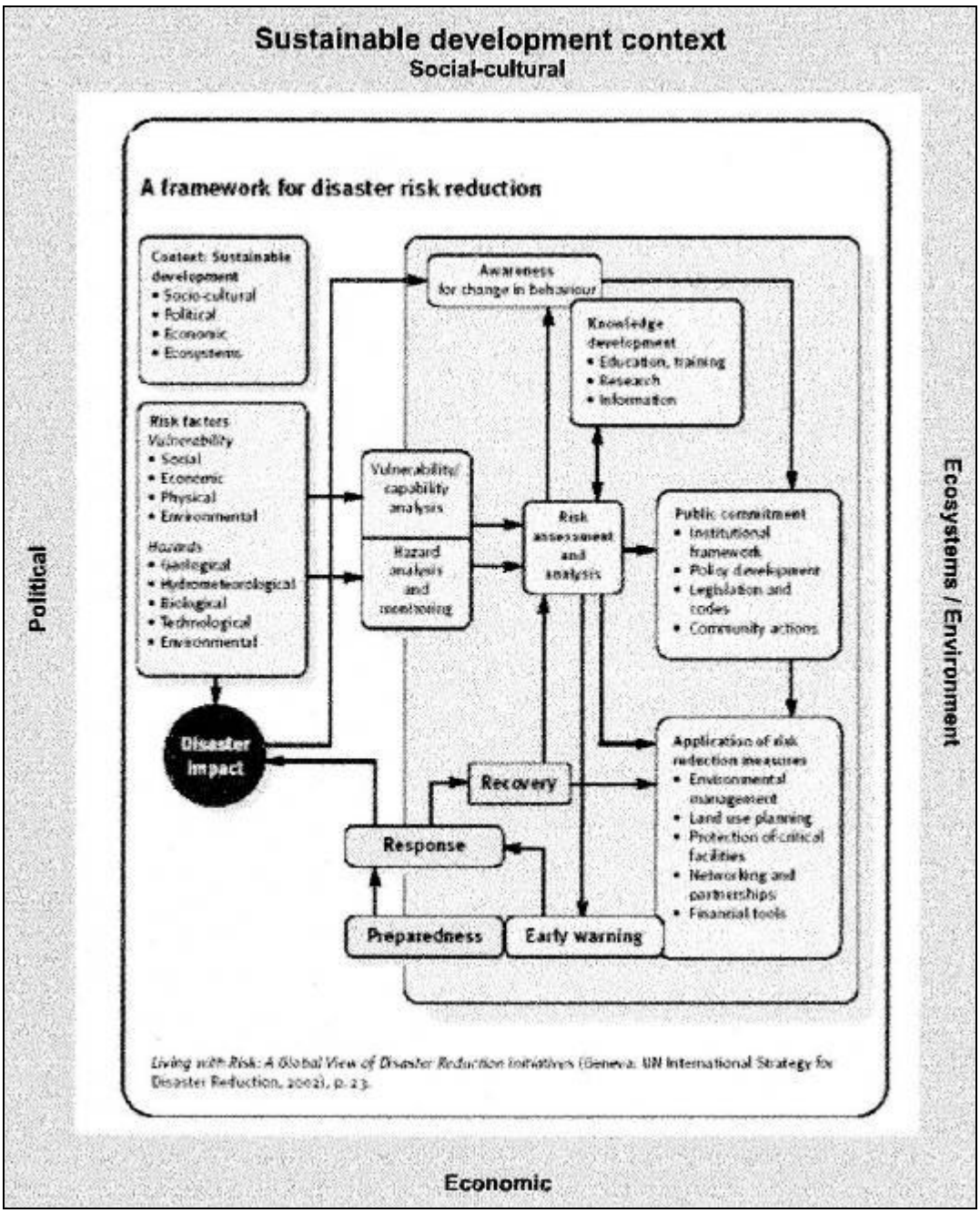


Figure 18. Le « cadre pour la réduction des risques de catastrophe »
Source : UN/ISDR (2004)

De plus, ce cadre conceptuel place la vulnérabilité et les éléments de la réduction des risques au sein d'une boîte intitulée « contexte de développement durable » pour souligner le fait que les stratégies d'atténuation des risques devraient contribuer à un développement durable en faisant le meilleur usage des connections entre les objectifs sociaux, économiques et écologiques pour réduire les risques (UN/ISDR, 2004, 18). Bien qu'il soit essentiel de lier la réduction des risques au développement durable, la perception que la réduction des risques serait similaire et toujours compatible avec la durabilité du développement nous semble discutable. La recommandation générale qui consiste à « faire le meilleur usage des connections entre objectifs sociaux, économiques

et écologiques » nous apparaît comme une sorte d'exercice d'équilibre mal définit entre des objectifs qui sont profondément enracinés dans des conflits sociaux, économiques, écologiques et politiques liés à des intérêts contradictoires, conflits qui ne peuvent être balayés par une simple exercice d'équilibre. Il y a par conséquent un réel besoin de définir plus précisément ce que le développement durable et la réduction des risques ont en commun et ce qui les différencie.

Le cadre conceptuel des changements environnementaux globaux

Une quatrième école de pensée, illustrée par le cadre conceptuel systémique élaboré par Turner et *al*. (2003) dans un contexte de changements environnementaux globaux, a une définition plus large de la vulnérabilité envisagée au sein des systèmes socio-écologiques (SSE) (Turner et *al*., 2003 ; Kasperson, 2005). Ce modèle illustre comment les influences extérieures au système, humaines (1) et environnementales (2), sont à l'origine de perturbations (3) dont les effets sont déterminés par des conditions d'exposition (4), de sensibilité (5) et de résilience (6, 7, 8) propres au système [33] (voir *Figure 19. Liaisons entre vulnérabilité et changements environnementaux globaux* ci-dessous). Dans ce cadre, contrairement à celui de la communauté sur les risques de catastrophe, la vulnérabilité englobe l'exposition, la sensibilité et la résilience (c'est-à-dire la capacité de réponse du système considéré, y compris les réponses d'adaptation). Cette approche prend aussi en compte les interactions des multiples perturbations, et facteurs de stress et le concept d'adaptation est vu comme un élément qui augmente la résilience. Ce cadre conceptuel représente une alternative intéressante par rapport à l'analyse précédente, bien que certaines questions restent en suspens. Par exemple, reste à déterminer si la distinction entre les facteurs moteurs et les conséquences au sein de ce système avec boucles de rétroactions est appropriée ou non.

Le cadre conceptuel de « l'oignon »

Le cinquième type d'approche symbolisé par le « cadre de l'oignon » proposé par Bogardi et Birkmann (2004) relie les termes de risque et de vulnérabilité aux dommages et pertes potentiels provoqués au sein de trois différentes sphères (la sphère des événements naturels, la sphère économique – i.e. monétaire –, et la sphère sociale), la vulnérabilité n'intervenant qu'au regard des impacts occasionnés à deux dernières, à savoir la sphère économique et la sphère sociale.

[33] Les différents chiffres du schéma représentent respectivement : (1) les influences humaines extérieures : macroéconomie et politique, institutions, tendances globales ; (2) les influences environnementales extérieures : état de la biosphère, changement environnemental global ; (3) les perturbations : stress et événements soudains dus à une variabilité « normale » ou exceptionnelle (événements extrêmes) d'origines externes ou internes ; (4) les éléments d'exposition : individus, groupes sociaux, pays, écosystèmes exposés à des événements de diverses fréquences, ampleurs et durées ; (5) les systèmes socio-écologiques caractérisés à la fois par un capital humain et social (populations, droits à l'échange, institutions, structures économiques) et un capital naturel (sols, eau, climat, minéraux, écosystèmes) ; (6, 7, 8) les mécanismes de réponse aux perturbations, caractérisant la résilience du système considéré.

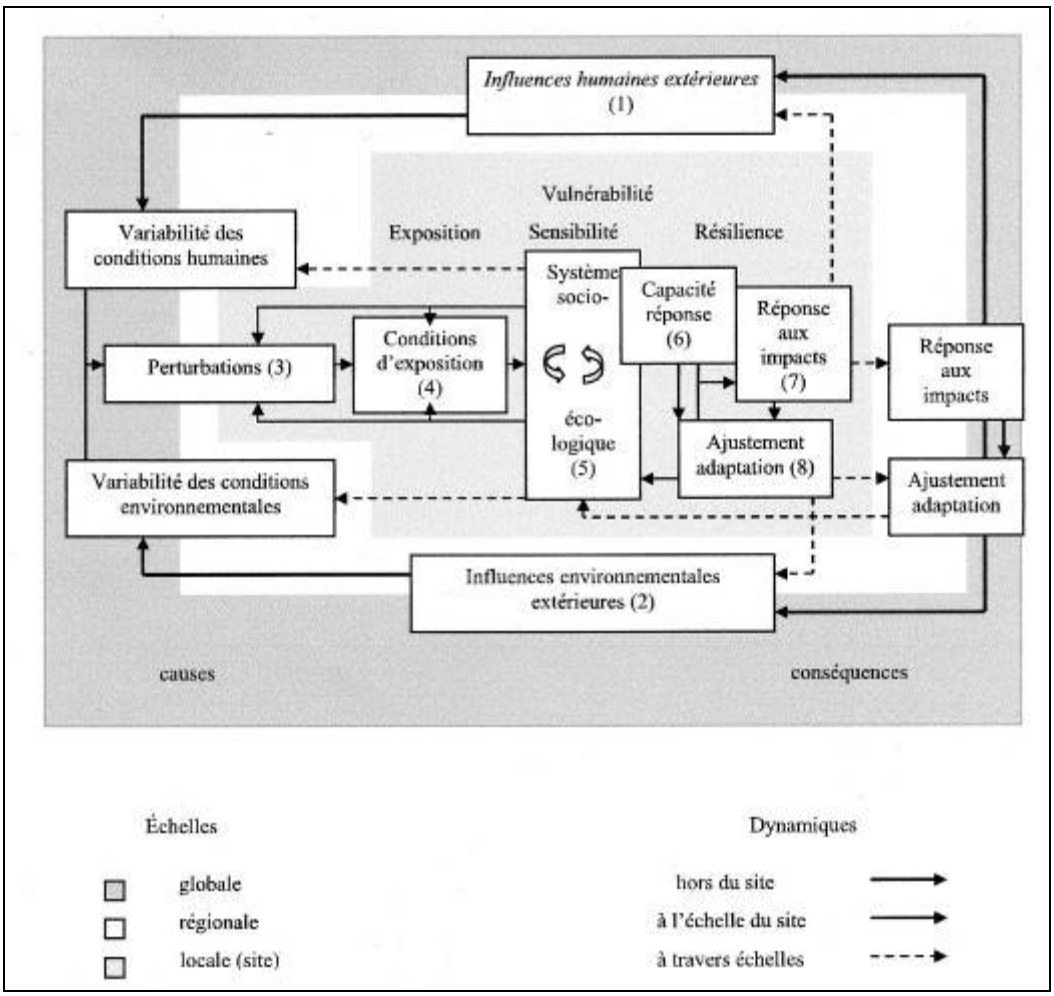


Figure 19. Liaisons entre vulnérabilité et changements environnementaux globaux
Source : Décamps, 2007, 50, d'après Turner *et al.*, 2003.

Ce cadre met l'accent sur le fait que la vulnérabilité renvoie à différentes catégories de pertes ou de dommages (économiques, sociaux, etc.) plus ou moins graves, illustrés par l'exemple de l'occurrence d'une inondation. Analytiquement, ce cadre distingue un axe « réalité » et un axe « opportunité » (voir *Figure 20. Le cadre conceptuel de « l'oignon »* ci-dessous). Le premier axe, celui de la réalité, montre comment une inondation pourrait affecter la sphère économique en y provoquant des dommages et souligne le fait que cet événement ne devient une catastrophe qu'à partir du moment où les impacts de l'inondation provoquent des ruptures additionnelles importantes au sein de la sphère sociale. Car si les actifs économiques endommagés peuvent être remplacés, en revanche, les ruptures occasionnées dans la sphère sociale provoqueront des blessures et des pertes à long terme, expression d'une vulnérabilité sociale. Différentes capacités existent au centre de la sphère sociale (C1–C3) ce qui signifie que le fait qu'une inondation se transforme ou non en catastrophe dépend pratiquement tout autant du niveau de préparation et de capacité à faire face de la société affectée que de la nature et des caractéristiques de l'aléa (inondation) lui-même (Bogardi and Birkmann, 2004). Si les impacts ne touchent que la sphère C1 cela montre que, bien que la sphère sociale soit affectée, des capacités à faire face adéquates continuent d'exister ; en revanche, si les

impacts de l'inondation sont plus profonds et s'exercent sur le cercle C3 situé au centre de la sphère sociale, cela implique que les capacités sociales sont alors totalement insuffisantes pour faire face à l'inondation, précipitant alors l'occurrence d'une catastrophe (Bogardi et Birkmann, 2004). Ce cadre souligne ainsi le fait que si les pertes endurées par une communauté ou une personne vont au-delà des pertes économiques pour s'étendre, par exemple, à la perte de confiance et d'assurance, cela signifie que l'inondation a affecté les actifs intangibles ; cela implique une rupture sérieuse du fonctionnement de la société au point que la vulnérabilité devient manifeste. Selon ce cadre, le concept de vulnérabilité sociale doit incorporer non seulement les atteintes aux actifs monétaires (propension à subir des dommages économiques) mais également aux actifs intangibles tels que l'assurance, la confiance, la peur comme conséquences possible de l'aléa. Toutefois, il ne tient pas compte de la vulnérabilité environnementale (l'environnement étant principalement assimilé à la sphère de l'événement naturel aléatoire), ni de l'exposition qui n'est pas explicitement incorporée à ce modèle. En revanche, ce cadre montre les réponses potentielles liées aux différentes sphères : la sphère sociale est associée aux actions d'aide et de secours à l'encontre de la population (alerte précoce, évacuation, assistance), la sphère économique est associée aux investissements et mesures d'adaptation plutôt technologiques réalisées pour protéger les constructions et infrastructures (digues, réservoirs, préparation aux inondations) tandis que la sphère des événements est associée à la gestion des terres et de la ressource en eau pour diminuer le niveau de risque (modification de l'utilisation des terres, gestion de la ligne de partage des eaux, etc.).

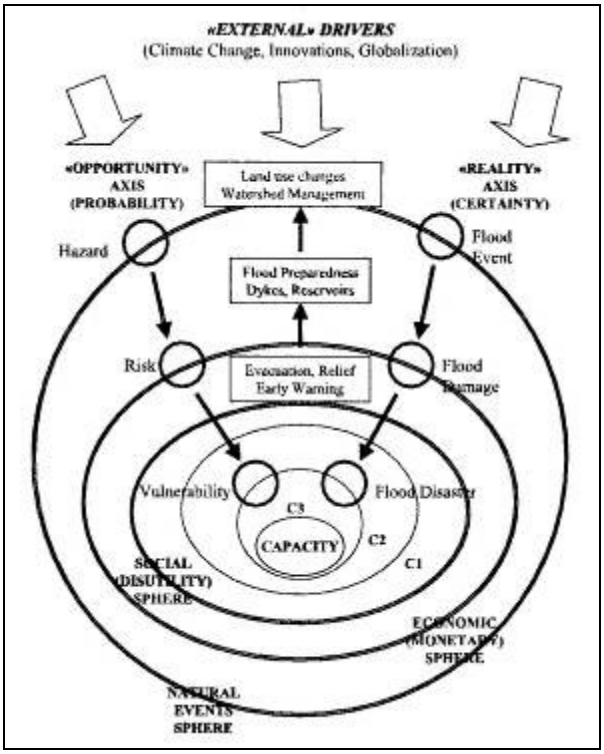


Figure 20. Le cadre conceptuel de « l'oignon »
Source : Bogardi/Birkmann, 2004.

Le modèle PAR

Le sixième corpus d'approche relève du modèle PAR qui perçoit la catastrophe comme étant à l'intersection de deux forces majeures : les processus générant la vulnérabilité, d'un côté, et les événements naturels aléatoires, de l'autre (voir *Figure 8. La version révisée du modèle PAR*, *supra*). Ce modèle souligne comment les catastrophes surgissent lorsque des aléas naturels affectent des personnes vulnérables (Blaikie et *al*., 1994 ; Wisner et *al*., 2004, 49–86) ; il montre que la vulnérabilité et le développement d'un désastre potentiel peuvent être perçus comme un processus impliquant des pressions croissantes, d'une part, et des opportunités de les relâcher, d'autre part.

Le risque est symbolisé dans cette approche par l'équation communément admise :

Risque = aléa x vulnérabilités, pour illustrer le fait que le risque est fonction de deux composantes. Dans cette approche, la vulnérabilité est définie au sein de trois niveaux progressifs : les causes d'origine, les pressions dynamiques et les conditions dangereuses. Les causes d'origine peuvent être, par exemple, des processus économiques, démographiques, et politiques qui déterminent l'accessibilité et la distribution du pourvoir et de diverses ressources. Ces causes d'origine sont aussi étroitement liées à des questions de bonne gouvernance, telles que la nature du contrôle exercé par la police et l'armée, et la répartition du pouvoir au sein de la société. La catégorie « pressions dynamiques » inclut l'ensemble des processus et des activités qui transforment les effets des causes d'origine en des conditions dangereuses, telles que des maladies épidémiques, une urbanisation rapide et des conflits violents (Wisner et *al*., 2004, 54). D'une manière intéressante, les auteurs soulignent le fait que les pressions dynamiques ne devraient pas être qualifiées de pression négatives en tant que telles. Les causes d'origine impliquant des pressions dynamiques conduisent à des conditions dangereuses qui représentent la troisième colonne du modèle PAR. Les conditions dangereuses revêtent des formes spécifiques au sein desquelles les vulnérabilités humaines sont révélées et sont exprimées dans une dimension spatiale et temporelle. Ces conditions peuvent englober un manque de protection effective contre les maladies, le fait de vivre dans des lieux dangereux ou d'avoir des dotations en ressources sujettes à de rapides et sévères ruptures (Wisner et *al*., 2004, 52–80). L'approche prend aussi en compte l'accès aux ressources tangibles et intangibles. La différenciation entre les causes d'origine, les pressions dynamiques et les conditions dangereuses souligne l'opinion des auteurs suivant laquelle mesurer la vulnérabilité suppose d'aller au-delà de la simple identification de celle-ci pour prendre en compte les forces motrices sous-jacentes et les causes d'origine afin d'être capable d'expliquer pourquoi les personnes sont vulnérables. Les différents éléments du modèle étant dynamiques, et sujets à des changements constants, la tâche visant à identifier et à vérifier de manière quantitative les liens de causalité entre causes d'origine, pressions dynamiques et conditions dangereuses peut s'avérer très difficile. C'est pourquoi les

auteurs soulignent que, dans des situations multicausales et un environnement dynamique, il est difficile de différencier entre les liens de causalités des différentes pressions dynamiques sur les conditions dangereuses et les impacts de causes d'origine sur les pressions dynamiques. Par exemple, bien que l'urbanisation en tant que pression dynamique engendre des conditions dangereuses dans beaucoup de régions en développement, telles que l'Amérique latine ou l'Asie, l'hypothèse générale qui voudrait que l'urbanisation conduise partout à des conditions dangereuses serait inappropriée. Dans les pays d'Europe de l'ouest et aux Etats-Unis, la suburbanisation croissante et l'étalement urbain (caractéristique d'une forme de désurbanisation) constituent des indicateurs plus représentatifs pour pointer les conditions dangereuses. Le modèle PAR peut être utile pour appréhender la phase de relâchement et les causes d'origine qui contribuent aux situations de catastrophe ; il permet également de souligner le fait que les efforts réels pour réduire la vulnérabilité et les risques impliquent de changer de systèmes politiques et économiques, qui sont perçus comme des causes d'origine des pressions dynamiques comme, par exemple, une urbanisation et une évolution démographique rapides. Ce cadre conceptuel met fortement l'accent sur les niveaux nationaux et globaux, bien que beaucoup des pressions dynamiques et des conditions dangereuses puissent être déterminées par les conditions locales.

L'approche holistique des risques et de la vulnérabilité

Une septième école de pensée, étroitement liée à celle de l'économie politique, met l'accent sur les causes d'origine et les pressions dynamiques qui déterminent la vulnérabilité et les conditions d'insécurité. Cette lignée, illustrée par des approches holistiques de la vulnérabilité et des risques, considère l'exposition/sensibilité, les fragilités socio-économiques et le manque de résilience et utilisent les dynamiques des systèmes complexes pour représenter l'organisation et les actions de gestion des risques de catastrophe (Cardona, 1999 ; Cardona et Hurtado, 2000 ; Cardona et Barbat, 2000 ; Carreno et *al*., 2005) (voir *Figure 21. L'approche holistique de l'évaluation et de la gestion des risques de catastrophe* ci-dessous). Dans la première version de ce modèle, la vulnérabilité consistait en des éléments exposés, qui prenaient en compte diverses dimensions ou aspects de la vulnérabilité, caractérisés par trois catégories de facteurs de vulnérabilité :

- l'exposition physique et la sensibilité, dénommés « risques durs » (« hard risk ») et perçus comme aléas dépendants ;
- la fragilité du système socio-économique, qualifiée de « risque mou » (« soft risk ») et interprétée comme non-aléa dépendante ;
- le manque de résilience pour « faire face » et « récupérer » qui est également conçu comme un risque mou aléa-indépendant (Cardona and Barbat, 2000, 53).

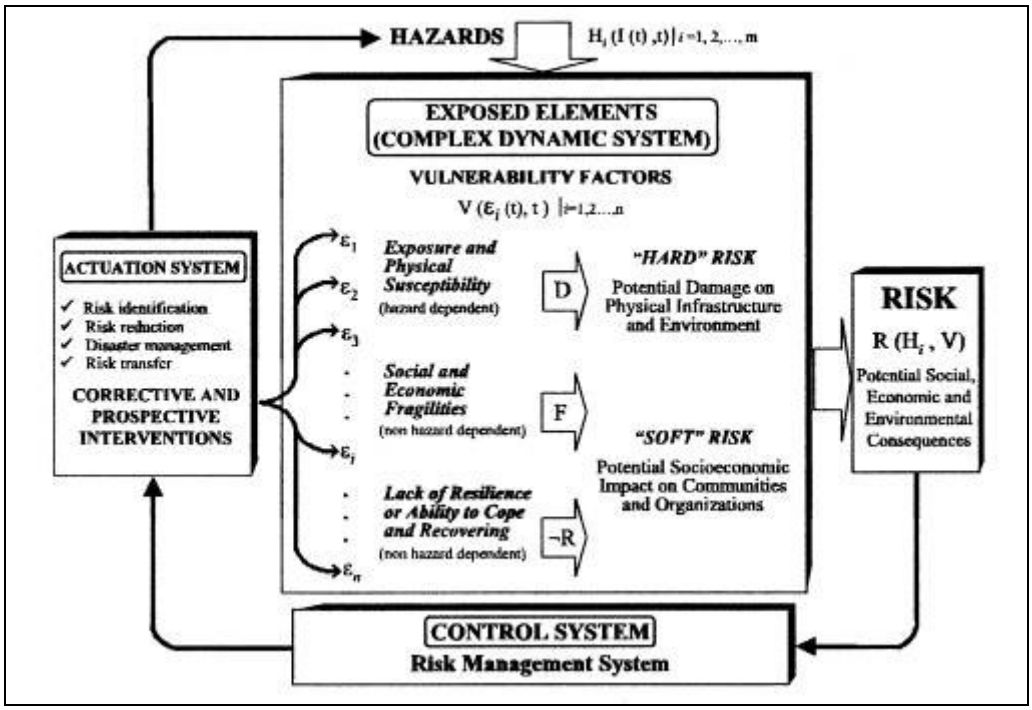


Figure 21. L'approche holistique de l'évaluation et de la gestion des risques de catastrophe
Source: Cardona and Barbat, 2000.

Selon ce cadre conceptuel, les conditions de vulnérabilité dépendent de l'exposition et de la sensibilité des éléments physiques dans les zones sujettes à l'aléa, d'un côté, et des fragilités socio-économiques et du manque de résilience sociale et de capacités à faire face, de l'autre. Ces facteurs offrent une mesure des impacts directs et indirects et intangibles des aléas. L'approche met l'accent sur le fait que les indicateurs et les indices devraient mesurer la vulnérabilité dans une perspective globale et multidisciplinaire. Ils tentent de saisir les conditions pour les impacts physiques directs (exposition et sensibilité) de même que pour les impacts indirects et parfois intangibles (fragilité socio-économiques et manque de résilience) des événements dangereux potentiels. Par conséquent, cette approche définit d'un côté, l'exposition et la sensibilité comme des conditions nécessaires à l'existence de risques physiques (qualifiés de « *hard risk* » dans le modèle). D'un autre côté, la probabilité de connaître des impacts négatifs résulte aussi des fragilités socio-économiques et de l'inaptitude à y faire face de manière adéquate, qui sont également considérées comme des conditions de vulnérabilité (dénommées « *soft risk* » dans le modèle). Bien que la classification des conditions de vulnérabilité entre « risques durs » et « risques mous » soit controversée, ce cadre conceptuel suggère une vision plus large de la vulnérabilité comprenant trois composantes, l'exposition, la sensibilité et le manque de résilience. Les conséquences de l'interaction entre ces événements aléatoires et les vulnérabilités sont définies comme des risques d'où démarre une boucle de rétroaction après que le risque soit devenu évident : cette boucle englobe un système de contrôle

(système de gestion du risque) et un système d'actuation qui représente à la fois l'organisation de la gestion du risque (identification du risque, réduction du risque, gestion des catastrophes, transfert du risque) et les interventions correctives et prospectives (Cardona et Barbat, 2000). Une version révisée de ce modèle a été développée par Carreno et *al*. (2005) pour évaluer les risques ; dans cette seconde version, les « risques durs » sont désignés sous le vocable de « dommages physiques » qui dépendent de l'exposition et de la sensibilité physique et les « risques mous » sont qualifiés de « facteurs d'impact » découlant des fragilités socio-économiques et du manque de résilience (entendue comme manque de capacité à faire face et à récupérer) du système. Les risques sont donc perçus comme étant une fonction des dommages physiques potentiels et des facteurs d'impact (fragilités économiques et sociales et manque de résilience). Tandis que les dommages physiques potentiels sont déterminés par l'exposition (qui renvoie à l'intensité potentielle et à l'occurrence de l'événement) et par la sensibilité des éléments exposés (par exemple, une maison) à un aléa, les facteurs d'impact dépendent du contexte socio-économique - en particulier des fragilités sociales et du manque de résilience. Dans leur modèle révisé, basé sur les théories du contrôle et la dynamique des systèmes complexes, Carreno et *al*. (2005) ont introduit une boucle de rétroaction embrassant les interventions correctives et prospectives afin de souligner la nécessité de réduire à la fois les vulnérabilités et les risques. Par conséquent, la gestion des risques repose sur un système de contrôle (structure institutionnelle) et un système d'activation (politiques et actions publiques) afin de mettre en œuvre les changements requis.

Le modèle BBC

Le huitième cadre d'analyse est illustré par le modèle BBC (Birkmann, 2006), fondé sur les travaux de Bogardi et Birkmann (2004) et Cardona (1999) ; ce cadre rassemble des éléments de différentes écoles de pensée et relie l'évaluation de la vulnérabilité au concept de développement durable à partir de trois préoccupations : la nécessité, tout d'abord, de lier la vulnérabilité, la sécurité humaine, et le développement durable (Bogardi and Birkmann, 2004 ; Birkmann, 2006), de développer, ensuite, une approche holistique de la gestion des risques de catastrophe (Cardona, 1999 ; Cardona et Hurtado 2000 ; Cardona et Barbat, 2000 ; Cardona et *al*., 2005) et, enfin, de fournir des cadres conceptuels pour mesurer la dégradation de l'environnement dans une perspective de développement durable. Ce cadre souligne le fait que l'analyse de la vulnérabilité doit aller au-delà de l'estimation des déficiences et des impacts des catastrophes survenues par le passé. Il suggère, en effet, de voir la vulnérabilité comme relevant d'un processus (dynamique) ce qui suppose de mettre simultanément l'accent non seulement sur les éléments exposés et sensibles mais aussi sur les capacités à faire face et les outils d'intervention potentiels pour réduire la vulnérabilité (un système avec boucle de rétroaction). De plus, ce cadre implique que la vulnérabilité ne doit pas être vue

comme une caractéristique isolée ; son évaluation doit donc prendre en compte les types d'aléas spécifiques et les événements potentiels auxquels la société vulnérable, son économie et son environnement sont exposés, et les interactions entre ces différents éléments qui conduisent à créer le risque. En outre, ce modèle établit très clairement le lien entre l'évaluation de la vulnérabilité et les conditions de durabilité du système considéré en faisant figurer les sphères économiques, écologiques et sociales qui fondent les trois piliers du développement durable (voir *Figure 22. Le cadre conceptuel BBC* ci-dessous).

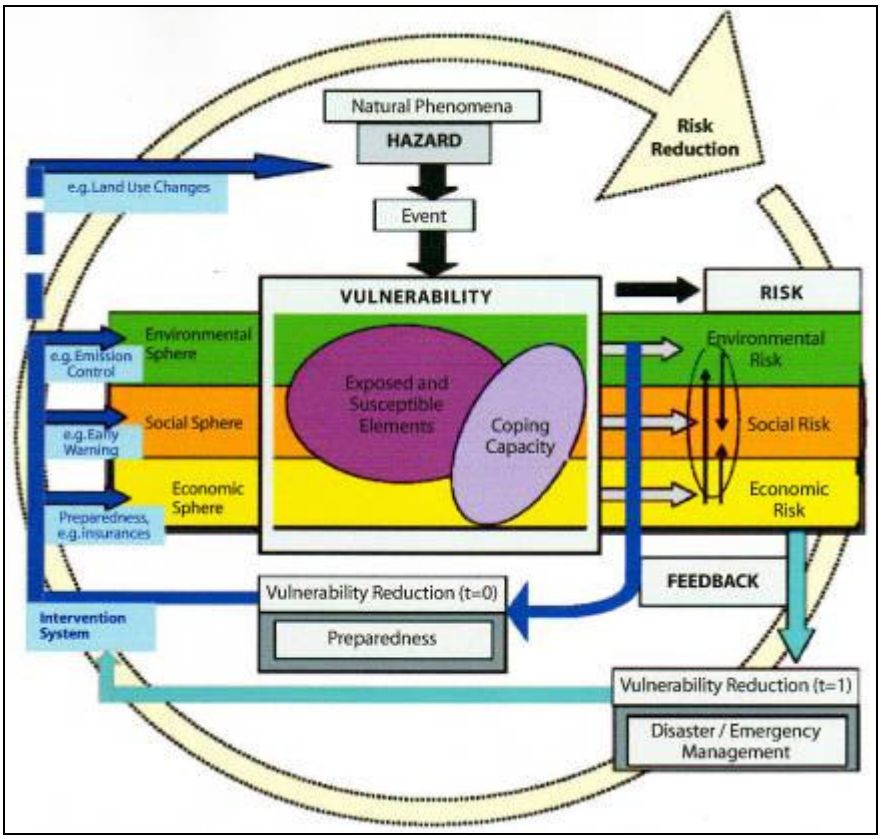


Figure 22. Le cadre conceptuel BBC
Source : Birkmann (2006)

Les aspects organisationnels et institutionnels sont importants tout comme les vulnérabilités physiques, mais ils doivent être analysés aux travers des trois sphères du développement durable. Au sein de ces trois dimensions de la durabilité, des cadres additionnels peuvent être intégrés comme, par exemple, le cadre des moyens d'existence soutenables au sein des sphères économique et sociale ; les cinq actifs qui représentent les moyens d'existence peuvent ainsi servir d'orientation importante et de sorte de *vade-mecum* pour sélectionner les sous-thèmes et les indicateurs pertinents pour évaluer la sensibilité et la capacité à faire face aux aléas naturels. De plus, les outils d'intervention potentiels peuvent inclure des mesures et des processus (par exemple, de planification) pour améliorer l'accès à des actifs importants pour les moyens d'existence, comme le capital humain, social et physique. De

même, ce modèle suggère une stratégie de réduction des risques dans la mesure où le système d'intervention englobe des mesures pour réduire la vulnérabilité comme pour réduire la fréquence et l'amplitude des aléas naturels (tels que inondations, sécheresses, et glissements de terrain). Plus précisément, cette approche distingue, parmi les chaînes de réponse, celles intervenant avant que les risques et les catastrophes ne se manifestent (t = 0) de celles qui doivent être entreprises après l'occurrence de l'aléa (t = 1) ; alors que pendant la crise (t = 1), la gestion de l'urgence et l'organisation des secours jouent un rôle crucial en réponse à l'aléa (pour éviter la catastrophe ou en limiter les impacts), la réduction des vulnérabilités avant que ne survienne l'événement (t = 0) est préférable et suppose de mettre l'accent sur la préparation et l'atténuation en amont. D'autant qu'il est largement reconnu que les investissements dans l'atténuation ou la préparation ont un taux de retour bien plus élevé que ceux nécessaires pour couvrir les coûts d'assistance et de récupération. Ce modèle BBC, même s'il ne fait pas explicitement figurer le terme d'adaptation, est donc un cadre conceptuel avec une perspective de résolution de problème mettant l'accent sur l'importance d'une action proactive (préparation, atténuation) afin de réduire les vulnérabilités avant que l'aléa ne menace la société, l'économie ou l'environnement (t = 0). Autrement dit, il convient de ne pas attendre la survenue du prochain événement et de réduire les vulnérabilités avant que le risque ne se transforme en catastrophe. Un autre intérêt de ce modèle est qu'au travers des liens entre développement durable et réduction de la vulnérabilité, il souligne la nécessité de prendre en compte les considérations écologiques (biophysiques) dont dépendent les conditions de vie humaines (Turner et *al*., 2003). Par conséquent, ce cadre monte le lien étroit entre la sphère sociétale et naturelle et ne limite pas la sphère environnementale à la sphère des aléas ; il met même en avant le fait que l'environnement lui-même puisse être vulnérable aux aléas d'origine naturelle ou technologique, que les chocs soient soudains ou progressifs. D'ailleurs, selon Kraas (2003) et Cardona (2004), la vulnérabilité peut être aussi directement liée à des dégradations environnementales dans les aires rurales et à des trajectoires de croissance urbaine rapides qui provoquent des fragmentations socio-économiques dans les agglomérations, en particulier les mégapoles (Kraas, 2003, 6 ; Cardona, 2004, 49). De ce point de vue, Cross (2001) argue du fait que, contrairement aux croyances répandues sur le sujet, les petites villes et les communautés rurales sont plus vulnérables aux aléas que les mégapoles, dans la mesure où ces dernières sont davantage susceptibles de disposer des ressources nécessaires pour y faire face et gérer les situations de crise ; cela souligne que les estimations de la vulnérabilité doivent effectivement tenir compte des capacités à faire face et de réponse des systèmes urbains concernés. De plus, l'échelle de temps d'une catastrophe, qui n'est pas définie en soi, est également importante : si une catastrophe est définie comme prenant fin lorsque la communauté recouvre sa fonctionnalité, alors les capacités à faire face sont des forces motrices essentielles.

Cardona souligne qu'un élément ou un système n'est en situation de risque que s'il est exposé et vulnérable à l'événement potentiel (Cardona, 2004, 38). Le modèle BBC considère que l'exposition est au moins partiellement reliée à la vulnérabilité ; bien que l'on puisse arguer du fait que l'exposition est souvent aléa-dépendante, son exclusion totale de l'évaluation de la vulnérabilité pourrait rendre cette analyse non pertinente politiquement. Si la vulnérabilité est entendue comme les conditions qui accroissent la sensibilité d'une communauté aux impacts d'un aléa, elle dépend aussi des dimensions spatiales auxquelles se réfère le degré d'exposition de la société ou de la communauté locale à l'aléa. L'auteur interprète l'exposition générale d'un lieu comme étant principalement une caractéristique de l'aléa, tandis que le degré d'exposition d'une unité spécifique, par exemple une infrastructure essentielle (école ou hôpital), de même que le nombre de maisons situées dans la zone sujette à l'aléa représentent une partie de l'exposition qui caractérise la dimension spatiale de la vulnérabilité. Par conséquent, l'exposition est en partie une caractéristique de la vulnérabilité. Concernant la vulnérabilité au changement climatique, O'Brien et Leichenko (2000) soulignent que les événements extrêmes climatiques peuvent tout autant frapper les riches que les pauvres, particulièrement dans les zones à haut risque. Il s'ensuit, par conséquent, que les propriétaires de résidences côtières sont sensibles aux vagues de tempêtes bien que leur vulnérabilité dépende aussi de leur capacité à se remettre de tels impacts, ce qui signifie que la population riche aura moins de difficultés à récupérer que les pauvres (O'Brien et Leichenko, 2000, 225). Le cadre conceptuel du modèle BBC considère le phénomène d'exposition, au moins en partie, puisqu'il reconnaît que la localisation des établissements humains comme des infrastructures joue un rôle essentiel dans la détermination de la sensibilité d'une communauté. Ce modèle stipule aussi qu'au sein d'une zone à haut risque donnée d'autres caractéristiques existent qui auront un impact significatif sur le fait que les personnes ou les infrastructures soient ou non à même d'être respectivement blessées ou endommagées. Enfin, cette approche souligne également que les changements de vulnérabilité d'une dimension thématique à une autre devraient être pris en compte et considérés comme un problème si ces modifications n'induisent pas une réelle réduction de la vulnérabilité. Par exemple, si une entreprise compense sa vulnérabilité économique face à une situation catastrophique en réduisant les prêts accordés à ses employés, ce sera alors son personnel qui supportera les impacts financiers négatifs de l'événement aléatoire. Parce que l'entreprise ne disposait pas d'une assurance appropriée en cas de désastre, sa vulnérabilité (économique) est transférée à ses employés (sphère sociale), sans qu'il n'y ait aucunement eu de réduction de la vulnérabilité totale.

Le modèle ENSURE

Le modèle développé par le projet européen ENSURE (*Energy Savings in Urban Quarters through Rehabilitation and New Ways of Energy Supply*)[34], programmé entre mai 2010 et avril 2013, considère la vulnérabilité comme le reflet des faiblesses et des fragilités qui rendent un territoire, une communauté, ou un pays donnés incapables de résister au stress provoqué par une source « externe » (Menoni, 2011). En revanche, la résilience qui n'est pas simplement considérée comme la face opposée de la vulnérabilité (en d'autres termes, une société résiliente ne se caractérise pas simplement par de faibles niveaux de vulnérabilité) renvoie davantage aux capacités à réagir face à un choc ; elle inclut la capacité à récupérer effectivement, en transformant les dommages et les pertes en des opportunités pour une installation territoriale et environnementale différente, de telle sorte que les vulnérabilités préexistantes à l'aléa soient réduites et que les trajectoires sociétales, urbaines, et régionales soient plus saines et plus sûres qu'elles ne l'étaient avant l'occurrence des impacts liés à l'événement.

Au regard des considérations temporelles, le cadre d'analyse prend en compte divers aspects (Menoni, 2011). Tout d'abord, il reconnaît que la vulnérabilité et la résilience sont des concepts dynamiques plutôt que statiques : l'une et l'autre sont formées à travers le temps et sont le résultat de processus historiques qui donnent forme aux villes, aux communautés et aux infrastructures d'une manière qui construit leurs interrelations potentielles avec les aléas. Ensuite, différents types de vulnérabilité deviennent plus apparents et pertinents aux différentes étapes d'un événement catastrophique : au moment de l'impact, les vulnérabilités physiques se transforment en dommages physiques directs provoqués par l'événement ; durant la phase d'urgence et de récupération, les facteurs systémiques, sociaux, institutionnels, et organisationnels déterminent le temps de retour (plus ou moins rapide ou lent) à la normale et les conditions de ce retour (voir *Figure 23. Le cadre intégré du modèle ENSURE pour l'évaluation de la vulnérabilité et de la résilience* ci-dessous).

Au regard des questions spatiales, deux considérations principales constituent le fondement de l'analyse : d'un côté, la pertinence de l'espace en tant que tel et, de l'autre, le concept d'échelle (Menoni, 2011). En ce qui concerne la dimension spatiale en soi, le modèle opère une distinction entre les lieux différemment affectés au cours d'un même événement : se trouve, d'une part, le cœur de la catastrophe, son épicentre, où les dommages physiques sont plus proéminents et, d'autre part, la périphérie de l'événement qui se trouve d'une manière ou d'une autre impliquée dans la destruction provoquée par la catastrophe. En fait, différents types d'effets à longue distance peuvent être considérés : les zones à partir desquelles l'aide va être fournie et vers lesquelles les personnes seront temporairement évacuées en cas de besoin d'entrer dans un nouveau type de relations avec les aires

[34] http://www.ensure-project.eu/

affectées. Le fait que différentes zones autres que celles directement affectées par un événement extrême doivent être considérées conduit à la nécessité d'élargir la supervision de l'échelon local à des échelles plus vastes, en considérant comment le « local » est placé au sein des régions économiques et administratives plus larges.

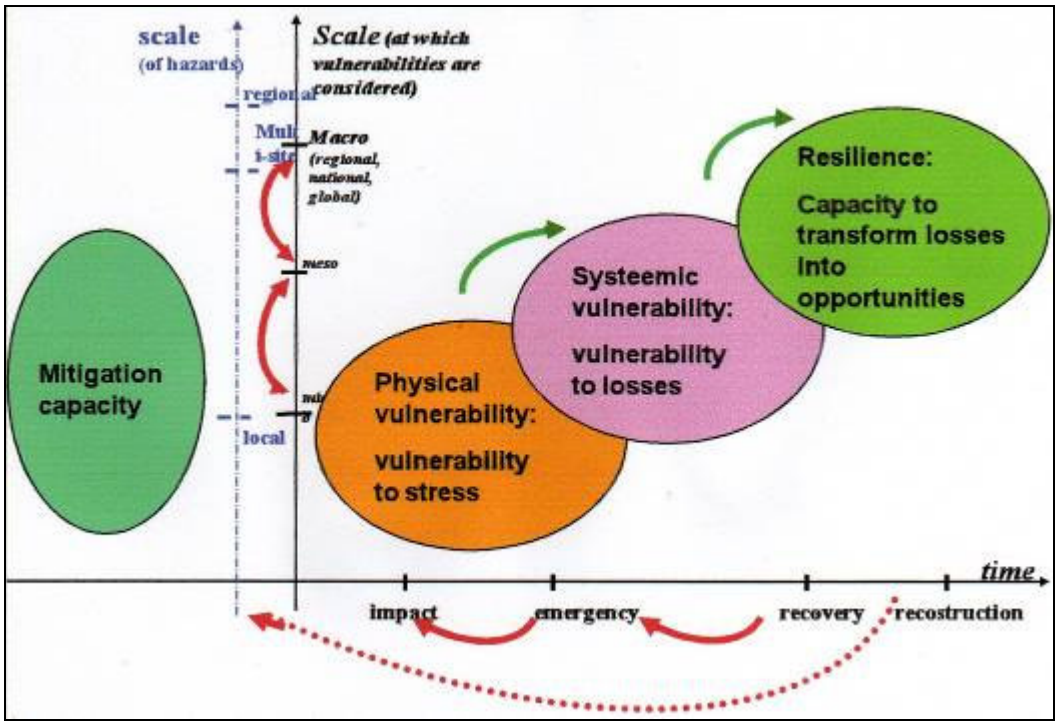


Figure 23. Le cadre intégré du modèle ENSURE pour l'évaluation de la vulnérabilité et de la résilience
Source : Menoni, 2011.

Alors que certains auteurs considèrent que l'évaluation de la vulnérabilité est inévitablement locale, le projet ENSURE vise à mettre en question une telle position ; il montre qu'une approche plus complexe est requise parce que certaines vulnérabilités sont locales ou sont particulièrement pertinentes localement pour donner forme aux dommages (physiques notamment), alors que d'autres ne font sens qu'à partir du moment où des échelles plus larges sont considérées (par exemple, les vulnérabilités systémiques ou sociales, cette dernière incluant les vulnérabilités administratives ou institutionnelles). De plus, certaines vulnérabilités sont actuellement évidentes à une échelle plus large compte tenu de la nature de la menace et des caractéristiques intrinsèques du système (comme l'illustre l'éruption volcanique survenue en 2010 en Islande et qui a affecté le transport aérien international). Comme le montre la *Figure 23. Le cadre intégré du modèle ENSURE pour l'évaluation de la vulnérabilité et de la résilience* ci-dessus, le cadre conceptuel du projet ENSURE est déployé sur un double plan temporel et spatial.

Au plan spatial, les échelles auxquelles les aléas et les vulnérabilités sont représentées sur deux axes distincts. La raison en est que l'échelle à laquelle les aléas doivent être analysés ne

correspond pas nécessairement à celle auxquelles les différents types de vulnérabilités doivent être considérés. Tandis que les vulnérabilités physiques sont principalement appréhendées à l'échelon local, la vulnérabilité systémique est considérée comme faisant uniquement le lien entre le local et les échelles supérieures (de l'échelon provincial ou national vers le régional, et parfois au-delà vers le global). Lorsqu'il s'agit de considérer les capacités à récupérer effectivement d'une manière résiliente, toutes les échelles doivent être considérées : ce qui sera reconstruit est en fin de compte ce qui a été endommagé localement, mais les ressources nécessaires traversent tous les niveaux de gouvernement et dépendent également du type et de la force des relations entre les lieux affectés et les échelons supérieurs (Menoni, 2011).

Au plan temporel, le cadre conceptuel montre comment les différentes vulnérabilités et la résilience sont considérées au regard du cycle de la catastrophe. Avant l'impact, c'est-à-dire lorsqu'un temps suffisamment long s'est écoulé depuis le dernier événement important, les capacités d'atténuation sont considérées ; au moment de l'impact, ce sont les vulnérabilités physiques qui jouent le rôle essentiel : les dommages physiques directs qui peuvent être constatés sont fortement corrélés à la sévérité de l'aléa et au niveau de fragilité physique des artefacts et des constructions. A mesure que le temps s'écoule après l'impact, d'autres formes de vulnérabilités gagnent en pertinence ; c'est en particulier le cas, au cours de la phase d'urgence, des vulnérabilités systémiques. Celles-ci expriment les capacités de réponse (ou le manque de celles-ci) non pas à l'impact direct de l'événement extrême mais plutôt aux conséquences de ce dernier, aux détériorations dans les systèmes fondamentaux et leurs composants provoquées par les dommages physiques. Finalement, en considérant le temps de la reconstruction et de la récupération, la résilience gagne en proéminence : ici aussi la réponse ne concerne pas le stress lui-même mais plutôt les effets secondaires, indirects et à long terme provoqués par l'événement (Menoni, 2011).

I.2.2. Résilience

A l'origine, le terme de résilience désigne en physique mécanique une propriété d'élasticité et de résistance aux chocs : la résilience d'un matériau est « *sa capacité d'emmagasiner de l'énergie cinétique et de se mouvoir élastiquement sous une charge sans se briser ou perdre sa forme* (Gordon, 1978) » ; elle désigne alors son aptitude à retrouver son état initial à la suite d'un choc ou d'une pression continue[35]. Par analogie, la résilience a alors désigné dans le langage courant la résistance au changement (Brunet, 1992, 432). L'étymologie apporte d'autres précisions : le terme vient du latin « *resilio* » (faire un bond en arrière), construit à partir du verbe « *salire* » (sauter, bondir) et du

[35] « *Le rapport de l'énergie cinétique absorbée nécessaire pour provoquer la rupture d'un métal, à la surface de la section brisée. La résilience, qui se mesure en joules par cm^2 caractérise la résistance au choc* » ; La « *résilience indique jusqu'à quel point l'énergie peut être emmagasinée par un corps sous l'effet d'une déformation élastique* » (*Le Grand Robert de la langue française*, 1986, 302).

préfixe « *re* » qui indique la répétition. En ce sens, la résilience exprime la capacité d'un système à « rebondir » après une perturbation.

Au fur et à mesure que le recours au concept de résilience s'est répandu du domaine des sciences « fondamentales » aux sciences appliquées, plusieurs définitions ont pu être avancées, chacune contribuant à faire évoluer la portée de ce terme. En physique mécanique comme en chimie, la résilience renvoie à une capacité intrinsèque des « corps » étudiés de retour à l'état initial (conception de la résilience « état ») ; d'autres disciplines scientifiques caractérisent la résilience par l'aptitude d'un organisme vivant (biologie, biochimie), d'une particule (physique) ou d'une molécule (chimie) à modifier sa structure et à s'adapter à l'action d'un facteur de stress environnemental (Meesters, Bak, Westmacott, Ridgley et Dollar, 1998). Cette aptitude est alors déterminée par un ensemble de caractéristiques inhérentes à la structure même de la particule ou de l'organisme résilient.

Le concept de résilience en écologie

Depuis plusieurs décennies, la notion de résilience est aussi très largement usitée en écologie, en particulier dans l'analyse des écosystèmes et des changements auxquels ils sont confrontés (Folke, 2006 ; Resilience Alliance, 2002). Le concept de résilience dans les systèmes écologiques a été introduit par Holling (1973), qui a publié un article sur les relations entre résilience et stabilité, son objectif étant de décrire des modèles de changement dans la structure et la fonction des systèmes écologiques. Holling définit la résilience comme « *une mesure de la persistance des systèmes et de leur aptitude à absorber les changements et les perturbations tout en maintenant néanmoins les mêmes relations entre les populations ou les variables d'état* (Holling, 1973, 14) ». Un écosystème résilient est un écosystème qui revient à son état antérieur après une perturbation ; il persiste sans changement qualitatif de sa structure. Sous cette acception le concept de résilience conserve sa signification physique initiale, mais s'enrichit néanmoins puisque la résilience est alors fonction de la perturbation, du seuil à ne pas franchir qui menacerait la survie de l'écosystème. Il n'en reste pas moins que, conçue sous cette forme, ce concept de résilience « *s'inscrit en fait dans un paradigme simplificateur de l'équilibre, où chaque système possède un seul état d'équilibre dont il s'éloigne plus ou moins. Quand il franchit un seuil, le système disparaît ou se transforme en un autre système* (Dauphiné, Provitolo, 2004, 2) ».

L'article de Holling a donné lieu à de nombreux travaux et débats, qui loin de déboucher sur un consensus ont contribué à multiplier les acceptions de la résilience. La résilience conçue comme la capacité d'un écosystème à maintenir son intégrité et à conserver son état d'équilibre lorsqu'il est soumis à une perturbation, qu'il a lui-même nommée « *ecological resilience* » (Holling, 1996), se distingue ainsi d'une autre conception, axée sur le « temps de retour » (désormais qualifiée d'« *engineering resilience* »), utilisée par certains écologues pour qui la résilience fournit une mesure

de la rapidité avec laquelle un système revient à un état d'équilibre après une perturbation (par exemple, le temps nécessaire à la reconstitution d'une forêt après un incendie). Ainsi, pour Pimm (1984), la résilience désigne « *la vitesse à laquelle le système retourne à son état originel* ». Deux approches de la résilience coexistent par conséquent suivant le résultat produit par le système résilient : soit la résilience renvoie à la capacité du système d'absorber le changement et de persister (ce qui signifie qu'il est instable) (Holling, 1973), soit elle désigne la capacité du système à se maintenir et sa rapidité à restaurer l'équilibre (ce qui implique que le système est stable) (Pimm, 1984). Cette idée de retour à l'état originel n'a eu de cesse de poser problème : certains écologues soulignent ainsi que les écosystèmes sont dynamiques et évoluent continuellement sous l'effet de perturbations externes, ce qui suppose d'une part d'introduire des échelles temporelles, et d'autre part de remettre en question la notion d'état originel. La résilience se distingue en effet de la « stabilité » (« *stability* »), définie comme la capacité du système à revenir à son état d'équilibre après une perturbation temporaire : en somme, un « *système stable ne fluctuera pas beaucoup, et retournera rapidement à la normale alors qu'un système résilient peut être très instable, en ce qu'il peut être soumis à des fluctuations importantes* (Handmer et Dovers, 1996) ». La résilience se distingue également de la « persistance »[36] et de la « résistance » qui concourent aussi à la stabilité d'un système. La résilience se distingue en outre de l'hystérésis et de la rémanence qui supposent bien le maintien de la trajectoire mais la disparition du système qui l'a produite. En fait, le concept de résilience remet en cause la vision traditionnelle de systèmes écologiques revenant toujours vers un même état d'équilibre stable, pour adopter celle de systèmes écologiques passant d'un domaine de stabilité à d'autres domaines, de manière inattendue, parfois irréversible, à la faveur de perturbations récurrentes, d'intensités plus ou moins fortes (Scheffer *et al.*, 2001[37]). Cette perspective convient bien lorsque le système est envisagé sur un temps long, dans une perspective de développement durable. Dans ces systèmes, dont le comportement est guidé par plusieurs attracteurs, le retour vers un état antérieur n'est donc pas toujours pertinent et n'est qu'exceptionnellement possible (Dauphiné, Provitolo, 2004, 2).

La résilience dans la littérature sur les aléas et le changement climatique

En SHS, les définitions de la résilience sont moins précises car elles dépendent en bonne partie du modèle épistémologique de référence et du contexte dans lequel elle est étudiée.

[36] La persistance mesure la constance d'un état par rapport à un état de référence, tandis que la résistance caractérise un système qui reste inchangé sous l'effet d'une perturbation extérieure.

[37] C'est ce que révèle la théorie des systèmes dissipatifs qui permet de formuler, dans un nouveau paradigme du non équilibre, des dynamiques plus subtiles et originales que l'approche écologique traditionnelle de la résilience. Dans ce cas, le système a un comportement dicté par plusieurs formes d'équilibre, qualifiées d'attracteurs. La dynamique des systèmes enseigne que chaque attracteur est entouré par un bassin d'attraction, ensemble des trajectoires du système qui conduisent à l'attracteur. La résilience est donc observée quand le comportement du système change et franchit la limite qui sépare deux bassins d'attraction.

Initialement, en sciences humaines (Anthony, 1974), la résilience a été assimilée à l'invulnérabilité[38] vis-à-vis des facteurs de stress engendrés par l'environnement, conception aujourd'hui largement dépassée, puisque la résilience n'est pas immuable, mais relative et dynamique en ce qu'elle sous-entend un processus développemental et renvoie à un construit multidimensionnel. Le discours académique contemporain illustre comment en essayant de définir la vulnérabilité sociale le concept relativement nouveau de résilience s'est développé.

A l'instar de la vulnérabilité, la résilience est un concept qui a donné lieu à des multiples définitions et spécifications (Paton et Johnson, 2001; Paton, 2008) et qui est l'objet d'un engouement croissant dans la littérature sur les risques naturels et plus timidement dans celle sur le changement climatique (voir *Encadré 8. Quelques exemples de définitions de la résilience* ci-dessous).

Definition/concept	Working definition(s)	Exemplar reference source
Resilience	An intrinsic ability of a system, an element, or a community to resist the impact of a natural or social event.	Villagran, 2006
Resilience	The ability of a system, community, society, defence to react to and recover from the damaging effect of realised hazards.	Floodsite, 2005
Social resilience	The capacity of a community or society potentially exposed to hazards to adapt, by resisting or changing in order to reach and maintain an acceptable level of functioning and structure. This is determined by the degree to which the social system is capable of organising itself to increase its capacity for learning from past disasters for better future protection and to improve risk reduction measures.	Floodsite, 2005
Adaptive capacity	The ability or capacity of a system to modify or change its characteristics or behaviour so as to cope better with existing or anticipated external stresses. Adaptive capacity represents potential rather than actual adaptation.	Adger *et al.,* 2004

Encadré 8. Quelques exemples de définitions de la résilience
Source : CAP-HAZNet, 2010.

La revue des documents institutionnels les plus significatifs consacrés à la réduction des risques révèle clairement que la résilience est conçue comme une sorte de panacée au sein des approches sur les catastrophes. L'engouement pour ce terme renvoie certainement à la connotation positive (Rose, 2007) qui lui est associée par opposition à la signification négative le plus souvent adossée au terme de vulnérabilité (Gibson et Tarrant, 2010). Les programmes internationaux fondés sur la résilience face aux catastrophes naturelles se multiplient ainsi ces dernières années, qu'ils soient portés par des organisations, des programmes ou des fondations : on citera, par exemple, le programme de l'UNESCO (United Nations Education and Scientific Organization) intitulé « *Fostering Safer and Resilient Communities: A Natural Disaster Preparedness and Climate Change*

[38] Le concept d'invulnérabilité sous-entend qu'il s'agit d'un état immuable dû aux caractéristiques personnelles (physiques et psychologiques) du sujet soumis à des événements stresseurs dans un écosystème. Il renvoie à une dimension essentielle de résistance ou de tolérance plutôt qu'à une dimension de plasticité ou d'adaptabilité. Il s'agit ici d'une conception de la résilience « état » qui ressemble fort à celle qui prévaut dans les sciences physiques. Or, d'une part, les interactions de l'individu (du système) s'établissent dans un écosystème continuellement changeant, et d'autre part, lui-même, à la faveur de ces interactions, se modifie et acquiert de nouvelles façons d'être et d'agir et, enfin, la résistance aux stresseurs peut être liée non pas à l'individu (au système), mais à des facteurs environnementaux variant dans le temps et l'espace.

Education Program » ou encore celui du WWF (World Wildlife Fund) nommé « *Climate Change Adaptation/Resilience Building Projects* ». Le programme du *Center for Community Enterprise* (CED) a développé un modèle présenté dans son « *Community resilience manual* »[39].

Au cours des années récentes, à partir du milieu des années 1990 mais surtout après la catastrophe provoquée par l'ouragan Katrina en août 2005, la résilience a gagné de plus en plus d'importance dans le domaine de la recherche sur les catastrophes naturelles, supplantant le concept de résistance aux désastres. La résistance souligne l'importance des mesures d'atténuation pré-désastres qui améliorent la performance des structures, des éléments d'infrastructure et des institutions en diminuant les pertes causées par l'événement catastrophique. La résilience reflète quant à elle la préoccupation d'améliorer la capacité des systèmes physiques et humains à répondre à et à récupérer face aux événements extrêmes. La recherche dans le champ des risques naturels a de manière croissante mis l'accent sur les stratégies requises pour rendre les communautés non seulement plus résistantes mais aussi et surtout plus résilientes aux catastrophes tout en adressant les questions à long-terme de durabilité et de qualité de la vie (Mileti, 1999). Dans la mesure où la connaissance de la résistance à un aléa impose une compréhension préalable, relativement complète, du danger produit, le concept de résilience est plus approprié quand les dangers sont mal connus des décideurs, ce qui est la règle lors des catastrophes (Dauphiné, Provitolo, 2004, 2). Widalvsky (1991) a défini la résilience comme « *la capacité à faire face à des dangers non-anticipés après qu'ils soient devenus manifestes, apprenant à rebondir* ».

Dans le contexte de la littérature sur les risques naturels, le concept de résilience a connu et continue de connaître d'importantes évolutions (Adger, 2000; Kuhlicke et Steinführer, 2010; Miller et *al*., 2010 ; Carter et *al*., 2007 ; Rose, 2007) en partie liées à celles du concept de vulnérabilité lui-même. Certains auteurs ont en effet élargi la notion de vulnérabilité pour mettre en avant ses diverses composantes : Pelling (2003) a ainsi introduit l'exposition à l'aléa qui couplée à la résistance et à la résilience définissent ensemble la vulnérabilité. De même, la notion d'aptitude à récupérer d'un impact majeur perturbateur est en train de s'étendre à une idée de mise à l'épreuve face à un choc à long terme (« *long term shock proof* »). Dans ce dernier cas, les sociétés sont supposées avoir tiré les enseignements des expériences néfastes antérieures et d'avoir par conséquent intégré ces leçons dans les prises de décisions publiques comme privées de manière à réduire leur vulnérabilité aux aléas naturels. Cependant, la vulnérabilité, pas plus que la résilience, ne sont des concepts unidirectionnels (les réalisations ne sont pas définitives) et ne sont pas non plus guidées par les seules politiques conscientes. Indépendamment, des mesures intentionnelles de réduction de la vulnérabilité, tous les types de développements sociaux, économiques, démographiques, géophysiques et écologiques sont

[39]CED, *the Community Resilience Manual: A Resource for Rural Recovery & Renewal*, http://www.cedworks.com/

susceptibles d'affecter la vulnérabilité et la résilience. Encore plus compliquées sont les interdépendances du fait desquelles le changement initial – en tant que tel - peut ne pas conduire à des menaces (ou les renforcer), mais déclencher des processus secondaires qui peuvent s'avérer porteurs de risques ou induire des changements sociaux ou démographiques qui accroissent la vulnérabilité (par exemple, en raison d'une moindre indépendance) bien que le changement initial ne dépasse pas la capacité à faire face des mesures de protection mises en œuvre.

Contrairement aux termes précédents de vulnérabilité ou de capacité d'adaptation, celui de résilience reste peu souvent employé dans la littérature scientifique sur le changement climatique. Au départ, les recherches qui utilisaient ce vocable en lien avec la problématique climatique portaient généralement davantage sur les écosystèmes que sur les systèmes humains, probablement à cause des origines de la résilience qui la rattachent au domaine de l'écologie. Toutefois, cette perspective est en train de changer compte tenu de l'engouement certain dont ce terme est l'objet au sein des approches systémiques centrées sur les SSE qui se préoccupent également de la question du changement climatique.

Toujours est-il qu'il existe toute une nébuleuse autour du terme de résilience suivant la littérature et les préoccupations considérées (voir *Figure 24. La nébuleuse autour de l'emploi du terme de résilience et des concepts afférents* ci-dessous).

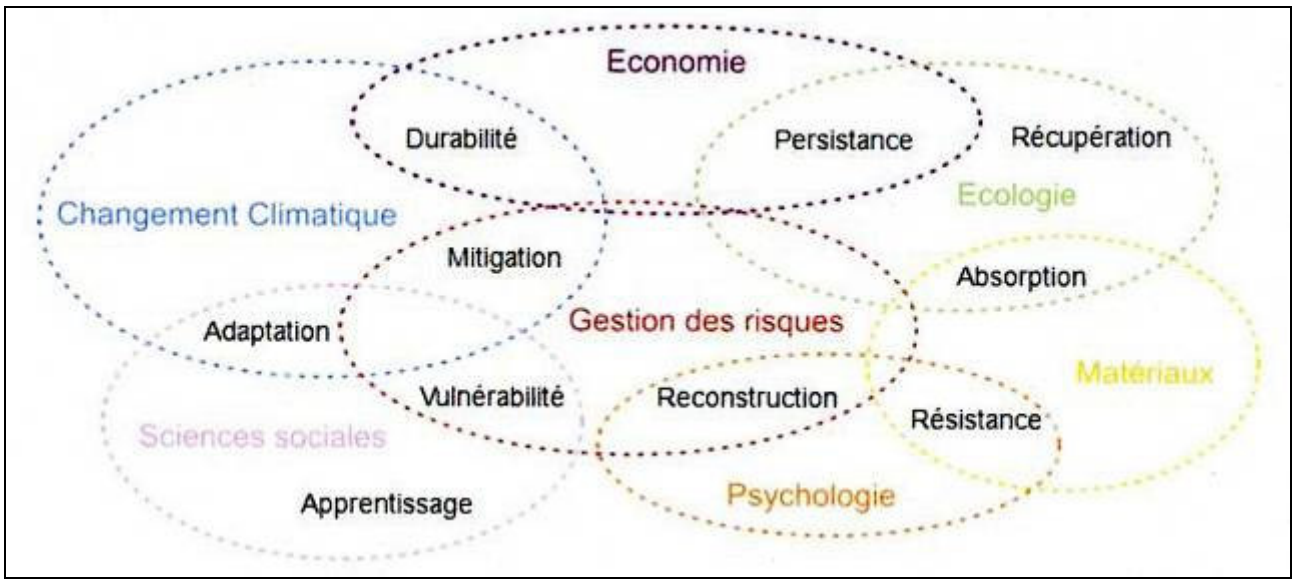


Figure 24. La nébuleuse autour de l'emploi du terme de résilience et des concepts afférents
Source : Lhome et *al*., 2010.

Timmerman a été l'un des premiers à parler de « résilience des sociétés au changement climatique (Timmerman, 1981) » ; il a dès lors réenvisagé l'inscription des sociétés dans les écosystèmes, imaginé leurs interactions puis finit par penser les sociétés sur le modèle des

écosystèmes, ces dernières étant elles aussi menacées par les perturbations entraînées par le changement climatique. Selon Timmerman, la résilience « *mesure la capacité de tout ou partie du système à absorber et à se relever de l'occurrence d'un aléa* ». La résilience est donc vue comme un antonyme de la vulnérabilité, « *l'autre face d'une même médaille* (Folke *et al.*, 2002, 10) ». Adger a repris ses conclusions pour définir la « résilience sociale » qui désigne la capacité des communautés humaines à supporter les chocs ou les perturbations externes et à se relever de telles perturbations (Adger, 2000). Plus récemment, il a contribué à faire évoluer la terminologie pour recourir spécifiquement à la notion de « résilience écosociale » dans le contexte d'études portant sur le changement climatique (Adger, 2006). Désormais, une abondante littérature récente fait de cette résilience une condition majeure de l'adaptation au changement climatique, non seulement des écosystèmes mais aussi des sociétés elles-mêmes, analysées comme des systèmes complexes (Holling, 2001 ; Gallopin, 2006). Cette articulation du social et de l'écologique fait particulièrement sens lorsqu'il s'agit d'étudier les trajectoires des sociétés urbaines suite aux divers aléas qu'elles ont à affronter, en particulier les effets adverses du changement climatique.

Résilience des SSE et approches systémiques

De nombreux travaux, réalisés notamment dans le cadre de la *Resilience Alliance*[40], se penchent ainsi sur la question de l'articulation du social et de l'écologique au sein d'un système unique, le SSE (Folke et *al.*, 2004). Il s'agit dans ce cadre d'analyser les interrelations entre, d'une part, la résilience écologique, définie comme la capacité d'un écosystème à s'adapter à des situations nouvelles et, d'autre part, la résilience sociale, envisagée comme la capacité des communautés humaines à affronter et à dépasser des chocs de diverses natures (Adger, 2000 ; Carpenter et *al.*, 2001).

Les fondements théoriques de la Resilience Alliance

Selon Folke et *al.* (2002), la « *résilience fournit la capacité d'absorber les chocs tout en maintenant les fonctions. Lorsqu'un changement survient, la résilience offre les composants pour le renouveau et la réorganisation* »[41]. Dans une perspective proche, Walker et *al.* (2004) considèrent la résilience comme « *la capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser tout en opérant des changements de manière à conserver essentiellement les mêmes fonctions, structures, identité et rétroactions, - en d'autres termes, pour rester dans le même bassin d'attraction* ». Selon ces mêmes auteurs, la résilience possède de multiples attributs, mais quatre aspects sont essentiels au

[40] www.resalliance.org.
[41] "*Resilience provides the capacity to absorb shocks while maintaining function. When change occurs, resilience provides the components for renewal and reorganisation*" (2002, 4).

regard de la dynamique du système (voir *Figure 25. Les quatre aspects de la résilience en relation avec la stabilité d'un système* ci-dessous) :

- La Latitude, qui est le montant maximum de changement que le système peut connaître avant de perdre son aptitude à récupérer ; autrement dit, l'étendue du bassin d'attraction. Des bassins larges impliquent un plus grand nombre d'états que le système peut connaître sans franchir de seuil (L).
- La Résistance, liée à la topologie du bassin d'attraction, désigne la facilité ou la difficulté avec laquelle le système peut changer : des bassins d'attraction profonds (R, ou plus exactement des ratios R/L plus élevés) indiquent que des forces ou des perturbations plus importantes sont nécessaires pour éloigner l'état actuel du système de l'attracteur.
- La Précarité illustre la trajectoire actuelle du système et s'il est proche d'atteindre une limite ou un seuil qui si elle ou il était franchi rendrait la récupération difficile ou impossible (Pr).
- La Panarchie[42] souligne comment les trois attributs ci-dessus sont influencés par les états et les dynamiques des (sous-)systèmes (incluant leur situation au regard de leur cycle adaptatif) situés à des échelles supérieures ou inférieures à l'échelle considérée (Pa) en impactant le système soit directement (depuis la plus petite échelle) ou en changeant la stabilité du système (depuis l'échelle supérieure).

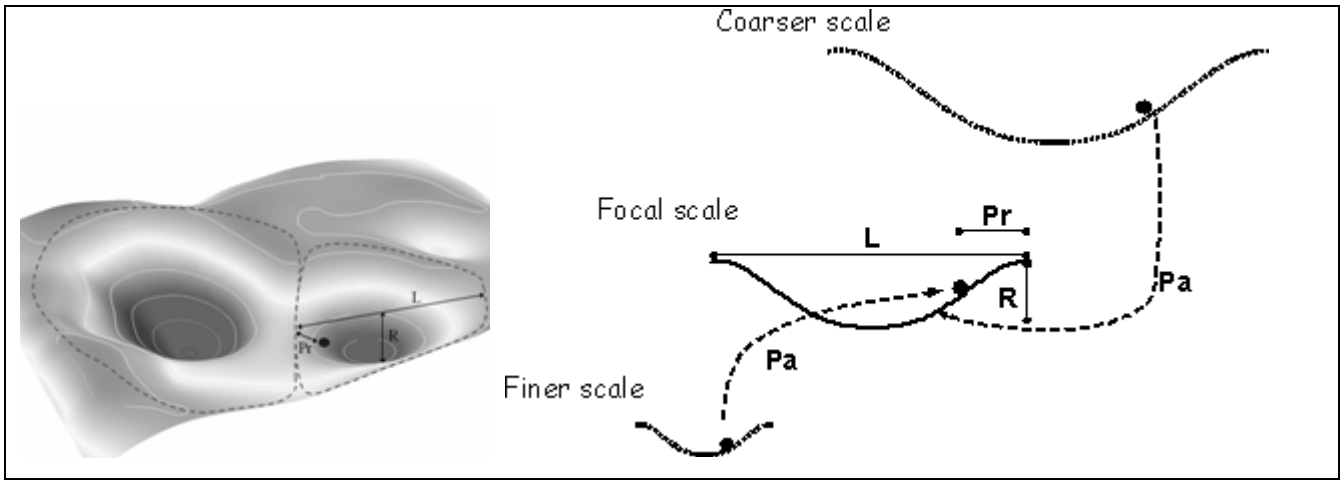


Figure 25. Les quatre aspects de la résilience en relation avec la stabilité d'un système
Source : Walker et *al*., 2004.

[42] Ce vocable de Panarchie a été inventé comme antithèse de celui de hiérarchie, entendu dans son sens originel d'ensemble de règles sacrées. La Panarchie représente, quant à elle, un ensemble de règles liées à la nature, terme qui découle du nom du Dieu grec de la Nature –Pan – dont la personnalité évoque aussi l'image d'un changement imprédictible. La préoccupation essentielle de la panarchie étant de rationaliser les effets combinés du changement et de la persistance, du prédictible et de l'inprédictible, Holling et al. (2002) se fondent sur la notion de hiérarchie des influences entre les échelles encastrées, c'est-à-dire les panarchies, pour représenter les structures qui tentent des expériences, testent leurs résultats et autorisent une évolution adaptative.

Comprendre l'évolution d'un système en lien avec sa résilience suppose de se pencher sur le modèle dit du cycle adaptatif (Brian et Walker, 2004), selon lequel la plupart des systèmes dynamiques (sociaux, économiques, écologiques, etc.) passeraient par quatre phases ainsi que Gunderson et Holling (2002) l'ont mis en évidence pour les écosystèmes (voir *Figure 26. Les quatre phases du cycle adaptatif* ci-dessous).

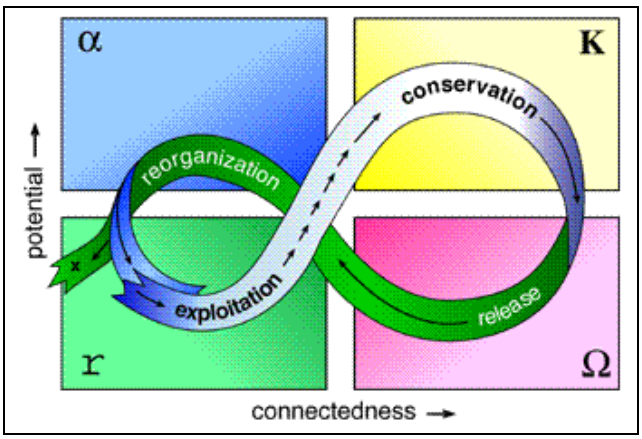


Figure 26. Les quatre phases du cycle adaptatif
Source : Gunderson et Holling, 2002.

Au cours des différentes phases du cycle adaptatif, la résilience commencerait par décroître pour augmenter ensuite : Les phases de croissance (r), puis de conservation (K), sont marquées par une évolution lente et donc facilement prédictive. Elles sont parfois suivies d'une phase chaotique de changement brutal (Ω), qui très vite conduit à une phase de réorganisation (α), lente ou rapide, quand des innovations transforment le système. En outre, ces cycles sont perturbés par les cycles qui affectent les sous-systèmes et, au niveau supérieur, l'environnement est lui-même assimilé à un système. La résilience décroît quand le système passe de l'état (r) à l'état (K), mais elle augmente de la phase (Ω) à la phase (α), rendant le système moins vulnérable (Brian et Walker, 2004) (voir *Figure 27. Cycle adaptatif et panarchie des systèmes complexes* ci-dessous). Deux caractéristiques distinguent une représentation panarchique des représentations hiérarchiques traditionnelles. La première est l'importance du cycle adaptatif, et en particulier de la phase α, comme moteur de variété et comme générateur de nouvelles expériences au sein de chaque niveau. La seconde concerne les interactions entre les niveaux. Potentiellement, de multiples connections existent entre les phases d'un niveau et celles d'un autre niveau, mais au regard de la question de la soutenabilité, les deux connections les plus significatives sont celles qualifiées de Révolte et de Souvenir (Revolt and Remember). Les niveaux plus rapides inventent les expériences et les tests. Les niveaux plus lents stabilisent et conservent la mémoire accumulée des expériences passées réussies, celles ayant permis la survie. La Panarchie d'ensemble est donc à la fois créative et conservatrice. Au sein de la Panarchie, les interactions entre les cycles combinent apprentissage et continuité, ce qui permet de

clarifier la signification d'un développement durable. La durabilité est la capacité de créer, de tester et de maintenir des capacités adaptatives tandis que le développement est le processus de création, d'expérimentation et de maintien des opportunités. Par conséquent, l'association des deux termes de développement et de durabilité ne constitue pas un oxymore mais une association logique. Une des caractéristiques essentielles de la Panarchie est qu'elle transforme les hiérarchies en structures dynamiques. Les niveaux individuels ont des propriétés non-linéaires et multi-stables ; ils peuvent être stabilisés ou déstabilisés au travers des connections essentielles entre les différents niveaux.

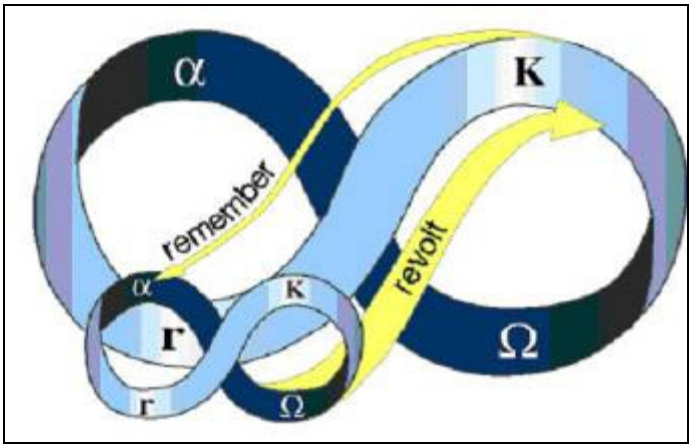


Figure 27. Cycle adaptatif et panarchie des systèmes complexes
Source : Gundersong et Holling, 2002, "http://www.resalliance.org/index.php/panarchy.

Cependant, ce modèle est plus une métaphore qu'une véritable théorie. De plus, le comportement d'un système réel emprunte parfois des chemins détournés ou saute des étapes. Toujours est-il que les systèmes résilients disposent de mécanismes variés qui leur permettent de faire face aux changements, aux surprises et aux crises (Gunderson et Holling, 2002 ; Adger *et al.*, 2005). Dans les systèmes écologiques, la redondance fonctionnelle créée par la diversité spécifique et l'hétérogénéité paysagère correspondent à de tels mécanismes. Dans les systèmes sociaux, le risque peut être réparti par une utilisation diversifiée des ressources, ainsi que par des activités et des styles de vie alternatifs, mécanismes permettant une utilisation durable des services rendus par les écosystèmes. En outre, les SSE peuvent garder une mémoire du passé qui les aide à se réorganiser après des événements extrêmes, une mémoire correspondant par exemple à des espèces épargnées au plan écologique (Elmqvist *et al.*, 2003) ou à des pratiques, des connaissances, des valeurs conservées au plan sociologique (Folke *et al.*, 2005). Cette résilience systémique, qui concerne tous les systèmes (physiques, chimiques ou humains), présente quatre caractères originaux : tout d'abord, cette résilience représente, comme en physique, le maximum de perturbation qu'un système peut subir sans changer d'état, sans quitter un bassin d'attraction. Ensuite, cette résilience systémique est aussi

directement proportionnelle à l'auto-organisation[43] du système, les systèmes auto-organisés étant plus résilients que les systèmes dont l'organisation est plus hiérarchique. De plus, la résilience dépend de la capacité d'un système à s'adapter, ce qui est observé dans les sociétés humaines grâce à l'apprentissage. Enfin, elle intègre et nie l'opposition entre la nature et le social. La résilience reflète ainsi l'aptitude à l'auto-organisation, à l'apprentissage, à l'adaptation (Folke et *al.*, 2002) – une aptitude liée en partie à la capacité de régénération après des crises. Pour résumer, selon la « *Resilience Alliance* », la résilience des SSE revêt trois dimensions (Carpenter et *al.*, 2001) : la capacité d'absorption d'un système face à une perturbation tout en restant dans le même état ou domaine d'attraction (cette capacité d'absorption est ce que d'autres nomment la résistance) ; la capacité d'auto-organisation du système face à un choc ; et, l'aptitude du système à construire et à accroître sa capacité d'apprentissage et sa capacité d'adaptation (voir *Encadré 9. La double dimension de la résilience* ci-dessous).

« Résilience réactive » (Dovers et Handmer, 1992) = « capacité à faire face » = adaptation autonome/spontanée (i.e. ex post)

1. Capacité d'absorption du **système face à une perturbation** tout en restant dans le même état ou domaine d'attraction
- ⇒ **capacité de résistance**
- ⇒ i.e. aptitude à résister aux impacts sans subir de dégâts

2. Capacité d'auto-organisation du système face au choc

« Résilience proactive » (Dovers et Handmer, 1992) = « capacité de réponse » = adaptation planifiée/anticipatrice (i.e. ex ante).

3. Aptitude du système à construire et à accroître sa **capacité adaptative** et sa **capacité d'apprentissage**
- ⇒ i.e. aptitude à se remettre des dommages subis par **transformation, réorganisation ou renouvellement des structures et fonctions** d'un système

Encadré 9. La double dimension de la résilience
Source : Quenault et *al.* (2011)

Les deux premiers attributs spécifiques (capacité d'absorption ou de résistance et capacité d'auto-organisation) renvoient à ce que Dovers et Handmer (1992, 1996) nomment la « résilience réactive » qui rend possible ce qui est connu dans la littérature sur les risques naturels comme la « capacité à

[43] L'auto-organisation est une propriété attribuée à un système dont l'organisation ne résulte pas de forces extérieures, mais de l'interaction de ses éléments. En ce sens, les colonies d'insectes, par exemple d'abeilles, sont des systèmes auto organisés. Ces systèmes ne disposent d'aucun centre organisateur. Et cependant, ils sont composés de niveaux hiérarchiques qui peuvent eux-mêmes être auto-organisés. Peu fragiles, ils ont une grande capacité à se restaurer, car les fonctions des « parties » endommagées sont prises en charge par les autres éléments (Dauphiné et Provitolo, 2004).

faire face » (Corbett, 1988) et dans la littérature sur le changement climatique comme étant l'« adaptation autonome » (ou spontanée) (Carter et *al*., 1994). Ces deux attributs sont plus ou moins susceptibles d'être mesurés et contrôlés, bien que la question des relations entre la résilience des systèmes naturels et celle des systèmes sociaux reste largement à explorer. Le troisième attribut spécifique (capacité d'apprentissage et d'adaptation) se réfère à la « résilience proactive », également mise en avant par Dovers et Handmer (1992)

En prenant ainsi en considération la capacité d'apprentissage et d'anticipation des sociétés humaines, Dovers et Handmer reposaient sous un nouveau jour la question de retour d'un système à l'état d'origine : le retour à la « normale » signifie-t-il en effet un retour à l'identique ou à un état d'équilibre, différent de l'état initial, qui aurait intégré les adaptations tirées des leçons de la crise ? Dovers et Handmer en reliant la résilience proactive à la planification et à l'adaptation aux aléas, ont ouvert la voie à un élargissement substantiel de l'interprétation traditionnelle de la résilience : désormais la « capacité adaptative » qui inclut l'aptitude à préparer et à planifier l'occurrence des aléas de même qu'à mettre en œuvre des mesures de réponse avant, pendant et après la survenue d'un événement risqué est perçue comme partie intégrante de la résilience.

Les approches à visée opérationnelle de l'UNISDR et du MCEER

La stratégie internationale des Nations unies pour la réduction des désastres (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction* ou UNISDR) a également adopté le terme de résilience dans une perspective inspirée des approches systémiques. Avec une référence particulière aux aléas naturels, la résilience est définie comme « *la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société à résister ou à changer de manière à obtenir un niveau acceptable de fonctionnement et de structure* »[44]. La résilience est déterminée par le degré auquel un système est capable de s'auto-organiser et de son aptitude à accroître sa capacité d'apprentissage et d'adaptation, incluant la capacité à récupérer d'un désastre. De plus, le rapport en question souligne que « *la motivation à investir dans la réduction des risques de désastres est en premier lieu et avant tout une préoccupation humaine centrées sur les personnes. Il s'agit d'améliorer les niveaux de sécurité et de conditions de vie en gardant un œil sur la protection contre les aléas pour accroître la résilience des communautés* » (UNISDR, 2002). La stratégie en question considère qu'une gestion adaptée, durable et intégrée des ressources naturelles, incluant des schémas de reforestation, une utilisation adéquate des terres et des installations humaines judicieuses, devraient augmenter la résilience des communautés aux catastrophes en inversant la tendance actuelle de la dégradation environnementale et en prenant à bras le corps la gestion des risques naturels. La définition de la résilience retenue par

[44] "The capacity of a system, community or society to resist or to change in order that it may obtain an acceptable level in functioning and structure" (UNISDR, 2002).

l'ONU (2004) est d'ailleurs proche de la précédente[45] : « *Aptitude d'un système, ou d'une société, exposé à des aléas à s'adapter, en opposant une résistance ou en se modifiant, afin de parvenir ou de continuer à fonctionner convenablement. La résilience d'un système social est déterminée par la capacité de ce système à s'organiser de façon à être davantage à même de tirer les enseignements des catastrophes passées pour mieux se protéger* ».

Dans une perspective similaire, le « *Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research* » (MCEER) s'est attaché à mieux conceptualiser et mesurer la résilience aux aléas (en particulier d'origine sismique), cette dernière étant perçue à la fois comme une force et une flexibilité. Dans son rapport, considéré comme une référence tant par les milieux académiques qu'opérationnels, le MCEER définit « *la résilience d'une communauté aux aléas comme l'aptitude d'unités sociales, par exemple des organisations ou des communautés, d'atténuer les risques, de contenir les effets des désastres liés aux aléas lorsqu'ils se produisent, et de développer des activités de récupération de manière à minimiser les ruptures sociales et d'atténuer les effets de futurs aléas* (MCEER, 2005, 18) »[46]. La littérature et le cadre d'analyse du MCEER considèrent la résilience comme incluant à la fois des propriétés inhérentes et adaptatives. La résilience inhérente se réfère à l'aptitude d'une entité à fonctionner correctement pendant les périodes de non-crise. La résilience adaptative représente la flexibilité démontrée par une entité pendant et après les désastres (l'aptitude à adapter le comportement et à faire preuve de créativité en adressant les problèmes induits par les désastres). Cette double propriété de la résilience peuvent être corrélées : les entités avec une résilience inhérente peuvent également être mieux à même de développer et de mettre en œuvre des stratégies adaptatives pour faire face.

Le MCEER, s'inspirant de l'approche systémique de la *Resilience Alliance*, a développé un cadre de référence pour analyser la résilience d'une communauté confrontée aux désastres naturels dont il ressort que les attributs et les déterminants de la résilience sont fondés sur les « 4 R » à savoir la robustesse, la redondance, la ressource, et la rapidité (MCEER, 2005, 19) (voir *Encadré 10. Les « 4R », attributs et déterminants de la résilience* ci-dessous). Le MCEER a également identifié quatre dimensions inter-reliées de la résilience : technique, organisationnelle, sociale et économique (TOSE) (MCEER, 2005, 20). La dimension technique se réfère à l'aptitude des systèmes physiques (incluant leurs composants, leurs interconnections et interactions, et les systèmes tout entiers) à atteindre les performances souhaitées lorsqu'ils sont soumis à l'aléa ; elle inclut l'aptitude des composants

[45] Dans une perspective également proche de celle de la théorie des systèmes, la résilience renvoie selon Dauphiné à la manière dont un système réagit de façon positive face à une crise ou une perturbation et l'absorbe par de multiples adaptations en conservant sa trajectoire (Dauphiné, 2004).

[46] "…community resilience to hazards is defined as the ability of social units, e.g., organizations and communities to mitigate hazards, contain the effects of hazard-related disasters when they occur, and carry out recovery activities in ways that minimize social disruption and mitigate the effects of future hazards" (MCEER, 2005, 19).

physiques qui ajoutent de la redondance à résister aux dommages, aux pertes de fonction et aux pannes.

- La Robustesse (*Robustness*) qui désigne la force ou l'aptitude des éléments, des systèmes ou d'autres unités d'analyse de résister à un niveau donné de stress ou de pression sans souffrir de dégradation ou de perte de fonctionnalité ;

- La Redondance (*Redundancy*) qui se réfère au degré auquel des éléments, des systèmes ou d'autres unités d'analyse sont substituables, c'est-à-dire capables de satisfaire les exigences fonctionnelles au cours de rupture, de dégradation ou de perte de fonctionnalité ;

- La Ressource (*Resourcefulness*) qui renvoie à l'aptitude à identifier les problèmes, établir des priorités, et à mobiliser les ressources lorsque les conditions existantes menacent de perturber certains éléments, systèmes, ou autres unités d'analyse. La ressource peut être conceptualisée plus avant comme étant l'aptitude à engager des ressources matérielles (monétaires, physiques, informationnelles, technologiques) et humaines afin de satisfaire les priorités et d'atteindre les objectifs établis ; et,

- La Rapidité (*Rapidity*) qui représente la capacité à satisfaire les priorités et à atteindre les objectifs sur une temporalité appropriée de manière à contenir les pertes et à éviter les ruptures futures. La rapidité est une conséquence ou un résultat des progrès enregistrés dans la robustesse, la redondance et la ressource.

Encadré 10. Les « 4R », attributs et déterminants de la résilience
Source : MCEER, 2005, 19.

La dimension organisationnelle de la résilience a trait à la capacité des organisations qui gèrent les équipements critiques (tels que les lignes de vie, par exemple) et ont la responsabilité de prendre des décisions et des actions destinées à améliorer la performance organisationnelle et la résolution des problèmes en lien avec les désastres (renforcement de capacité, planification, entraînement, information, retour d'expérience, etc.) à développer au sein des systèmes vitaux les quatre propriétés de la résilience (robustesse, redondance, ressource, et rapidité). La résilience d'un système de gestion de l'urgence dépend à la fois des composants physiques du système (centres d'opération, de soins ou d'hébergement d'urgence, technologies de communication et systèmes d'alerte, véhicules d'intervention d'urgence, etc.) et des propriétés organisationnelles du système (qualité des plans d'urgence et de gestion des catastrophes, aptitude à incorporer les leçons des désastres passés, expérience et entraînement du personnel, etc.). La dimension sociale de la résilience, qui comprend les caractéristiques de la population ou de la communauté pouvant rendre les groupes sociaux soit plus vulnérables soit plus adaptables aux aléas et aux catastrophes, consiste en des mesures spécifiquement conçues pour alléger l'étendue des conséquences négatives dont souffrent les communautés et les juridictions gouvernementales soumises à l'aléa suite aux pertes de services essentiels encourues. Plus les options qui s'offrent aux individus et aux groupes sociaux sont limitées

et plus faible est leur résilience. De manière similaire, la dimension économique de la résilience se réfère à la capacité de réduire à la fois les pertes économiques directes et indirectes résultant de la survenue de l'aléa. Les économies locales et régionales tout comme les entreprises peuvent faire preuve de différents niveaux de résilience. La dimension économique de la résilience est analysée à la fois en termes des propriétés inhérentes des économies locales – telles que l'aptitude des entreprises à réaliser des adaptations et des ajustements au cours des périodes non catastrophiques – et en termes de leur capacité à l'improvisation, à l'innovation, ou à la substitution de ressources après un désastre. En général, la résilience dans ses dimensions économique et sociale renvoie à l'aptitude à identifier et à accéder à toute une gamme d'options pour faire face et s'adapter à un désastre.

Comprendre les attributs et les dimensions de la résilience fournit des indications pour définir et atteindre des niveaux acceptables de perte, de rupture et de performance du système. L'approche des « 4R » souligne les multiples trajectoires qui peuvent conduire à la résilience, grâce à l'amélioration de ses quatre composantes (robustesse, redondance, ressource, rapidité) tandis que le cadre « TOSE » met en avant une approche holistique de la résilience sociétale en regardant au-delà des systèmes physiques et organisationnels pour envisager les impacts de ruptures sur les systèmes économiques et sociaux. La perspective adoptée par le MCEER suggère une gamme d'approches pour améliorer la résilience, incluant des stratégies fondées sur l'atténuation, le développement d'une capacité de réponse robuste face aux désastres des organisations et de la communauté et l'amélioration des capacités à faire face des ménages et des entreprises. Les systèmes d'infrastructures critiques (incluant les systèmes de transports et d'équipements de ligne de vie) sont considérés comme jouant un rôle essentiel dans l'atténuation des impacts, la réponse et la récupération de la communauté face aux désastres de grande ampleur et sont donc des cibles hautement prioritaires pour l'amélioration de la résilience. Des systèmes résilients réduisent simultanément, les probabilités de pannes ou de dysfonctionnements, les conséquences néfastes liées à l'événement telles que les décès et les blessures, les dommages physiques et les effets sociaux et économiques négatifs, et enfin le temps de récupération. Le degré de résilience peut ainsi être mesuré au regard de la fonctionnalité des infrastructures après un désastre et aussi par le temps nécessaire au système pour revenir aux niveaux de performance pré-désastre. Les mesures d'augmentation de la résilience visent à réduire la taille du « triangle de résilience » à travers des stratégies qui améliorent la fonctionnalité et la performance des infrastructures et qui diminuent le temps de récupération complète. Par exemple, les mesures d'atténuation peuvent améliorer simultanément la performance des infrastructures et le temps de récupération. Ce dernier peut être raccourci en améliorant les mesures pour restaurer et remplacer les infrastructures endommagées.

Ces diverses approches systémiques, celles de la « Resilience Alliance », de l'UNISDR, de l'ONU, ou du MCEER, ont en commun d'être des amalgamations de différentes interprétations de la résilience aux aléas naturels abordée sous ses diverses dimensions, notamment écologiques, sociales et institutionnelles.

Les différentes conceptions du couple vulnérabilité/résilience aux aléas (climatiques)

Au travers des considérations précédentes, il ressort que toute une gamme d'approches issues de la littérature sur les changements environnementaux globaux comme de celle sur les risques naturels existe qui envisagent différemment les liens entre les notions de résilience, de vulnérabilité et de capacités adaptatives, en les considérant suivant différentes relations d'inclusion ou d'enchevêtrement (Cutter et *al*., 2008) (voir *Figure 28. Quels liens entre vulnérabilité, résilience et capacités adaptatives ?* ci-dessous).

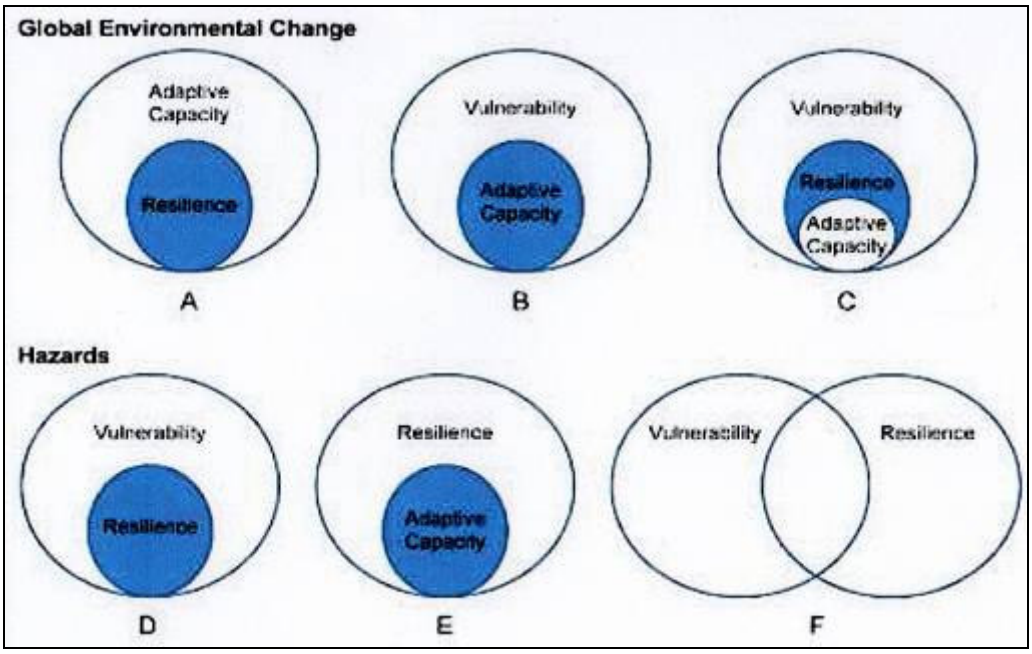


Figure 28. Quels liens entre vulnérabilité, résilience et capacités adaptatives ?
Source : Cutter et *al*., 2008.

Concernant plus précisément les relations entre la résilience et la vulnérabilité au moins trois approches principales peuvent être actuellement distinguées (Galderisi et *al*., 2010).

La résilience comme « face opposée » de la vulnérabilité

La première approche qualifiée d'approche de la « face opposée » (« flip-side » approach) considère que la vulnérabilité et la résilience sont l'opposée l'une de l'autre (Fortune et Peters, 1995 ; Folke et al., 2002 ; Villagran de Léon, 2006), une connotation négative étant apposée à la vulnérabilité que l'on cherche à réduire et positive attribuée à la résilience que l'on cherche au

contraire à augmenter (Klein, 2003). C'est la perspective adoptée par Villagran (2006) qui met l'accent sur la relation temporelle entre l'exposition, la résilience et la résistance, et considère que de hauts niveaux de vulnérabilité impliquent de faibles niveaux de résilience et vice versa. Conceptuellement, cette première interprétation (la résilience comme représentant l'autre face de la vulnérabilité), qui n'ajoute rien de nouveau au débat, semble motivée par la volonté de mettre l'accent sur les aspects positifs des choses en ce qu'améliorer la résilience permettrait de réduire la vulnérabilité (Villagran, 2006).

Le danger d'une telle interprétation est qu'elle conduit à un raisonnement circulaire : un système est vulnérable parce qu'il n'est pas résilient ; il n'est pas résilient parce qu'il est vulnérable. Si la résilience est uniquement perçue comme le simple opposé de la vulnérabilité, elle perd du même coup tout son intérêt (Steinfuehrer et *al*., 2008). C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de cette recherche, nous considérons que la notion de résilience qui se réfère aux capacités de réponse à travers le temps et les différentes échelles spatiales ne peut pas être conçue comme le simple contraire de la vulnérabilité. En cas de survenue d'un désastre, la réponse est initialement orientée vers la gestion de l'urgence qui vise à la récupération des services de base et à la fourniture d'un niveau acceptable de conditions de vie aux personnes touchées. Puis, les efforts se déplacent vers un objectif plus global de reconstruction qui est souvent défini comme un « retour à la normale », c'est-à-dire aux conditions de fonctionnement pré-désastres. Une réponse résiliente implique par conséquent de prendre en charge les déficiences dans la première phase d'urgence et de réduire à travers le temps de la récupération et de la reconstruction les vulnérabilités physiques, territoriales, systémiques, sociales, et économiques qui étaient latentes avant la catastrophe, afin de conduire à des nouvelles conditions améliorées par rapport à la situation antérieure (avant désastre). Ces vulnérabilités doivent être reconnues et adressées par des politiques nécessitant des interventions spécifiques. Cela implique un processus d'apprentissage collectif pour tirer les leçons de l'événement et des fragilités qu'il a contribué à faire émerger, au sein de différents groupes sociaux et institutions. Des ajustements dans les comportements et des changements doivent être opérés dans la manière de concevoir, de construire et de contrôler les infrastructures, de développer et redévelopper (ou reconstruire) les villes, de localiser les infrastructures critiques, de conduire la préparation et les entraînements aux situations d'urgence, et de conduire les affaires (économiques, financières, etc.). Dans la mesure où un tel processus d'apprentissage et d'application des connaissances est complexe et dépend de nombreuses variables, il ne peut jamais être considéré comme achevé une fois pour toutes. Un contre-processus de désapprentissage et d'oubli peut se produire dans le même temps.

La résilience comme composante de la vulnérabilité

La seconde approche, fondée sur une relation d'inclusion, considère la résilience comme une des composantes de la vulnérabilité. Par exemple, McEntire (2001), qui a développé une approche dénommée le « développement invulnérable » basé sur une vision large de la vulnérabilité, identifie la résilience comme étant l'une des quatre variables déterminant la vulnérabilité, aux côtés de la proximité, de la sensibilité et de la résistance aux aléas[47]. De manière similaire, Pelling (2003) considère que la résilience est l'un des trois déterminants de la vulnérabilité, les deux autres étant l'exposition et la résistance à un aléa. L'élargissement du concept de vulnérabilité implique que la « capacité à faire face » (qui renvoie à la résilience réactive ou à l'adaptation autonome ou spontanée) et la capacité adaptative (qui se réfère à la résilience proactive ou à l'adaptation planifiée ou anticipée) soient généralement interprétées comme des composantes de la vulnérabilité. Par conséquent, certains auteurs ont représenté ces différents concepts comme étant encastrés ou emboîtés au sein du concept plus large de vulnérabilité (Turner et *al*., 2003 ; Gallopin, 2006) ; d'autres ont souligné que la résilience, étant selon eux totalement incluse dans la capacité adaptative, constituait l'une des composantes de la vulnérabilité (Adger, 2006 ; Birkmann, 2006 ; Folke, 2006 ; Cutter et *al*., 2008). Dans ce cas, la résilience qui renvoie à une propension dynamique du système est perçue comme étant une composante intégrale de la vulnérabilité, la nature dynamique de cette relation étant un élément clé de ce type d'approche où la résilience se réfère à la capacité régénérative d'un système qui tient à des attributs tels que l'auto-organisation, l'adaptation et la capacité d'apprentissage (Adger et *al,* 2005). Tandis que la vulnérabilité est vue comme un concept plus statique lié aux caractéristiques intrinsèques du système (c'est d'ailleurs la raison pour laquelle une large littérature fait appel à des indicateurs pour sa mesure[48]), la résilience est perçue en relation avec l'évolution dynamique d'un système, à savoir sa capacité régénérative qui dépend de son degré d'auto-organisation et de sa capacité d'apprentissage et d'adaptation (Adger et *al*., 2005). C'est la perspective adoptée par le Floodsite (2005), qui définit la résilience sociale comme « *la capacité d'une communauté ou d'une société potentiellement exposée à des aléas à s'adapter, en résistant ou en changeant afin d'atteindre et de maintenir un niveau acceptable de fonctionnement et de structure. Elle est déterminée par le degré auquel le système social est capable de s'auto-organiser pour accroître sa capacité d'apprentissage face aux désastres passés pour une meilleure protection future et pour améliorer les mesures de réduction des risques* ». Au sein de ce second groupe de définitions, la résilience reflète la réaction et la récupération d'un système face à un événement qui se développe plus avant, ce qui plutôt qu'un retour à un état initial suppose une adaptation ; cette

[47] Selon McEntire (2001), les quatre déterminants de la vulnérabilité sont : le risque (la proximité ou l'exposition aux dangers) qui affecte la probabilité d'impacts adverses ; la sensibilité (la prédisposition des individus aux effets néfastes des désastres) fondée sur les variables sociales, économiques, politiques et culturelles ; la résistance, l'aptitude des systèmes physiques de résister au stress produits par les risques ; la résilience, la capacité à faire face et l'aptitude à récupérer rapidement des impacts d'un désastre.

[48] Les indicateurs, bien qu'applicables aux mesures de la résilience écologique, semblent perdre leur valeur générale et universelle dans le contexte des systèmes sociaux-économiques en raison de leur nature statique par opposition aux caractéristiques dynamiques de tels systèmes (Carpenter et *al*., 2001).

aptitude d'un système au changement est ce que les chercheurs sur le changement climatique désignent par la capacité adaptative, que l'on peut définir à l'instar d'Adger et *al.* (2004) comme « *l'aptitude ou la capacité d'un système de modifier ou de changer ses caractéristiques ou son comportement de manière à mieux faire face aux stress externes existants ou anticipés* »[49]. Cette seconde vision est très proche de celle du GIEC (2001) qui interprète la capacité adaptative comme étant l'un des déterminants de la vulnérabilité aux côtés de l'exposition et de la sensibilité du système à l'aléa. Certainement conscients de cette similitude, Folke et *al*. (2002) font explicitement référence à la construction de capacités adaptatives dans le sous-titre de leur papier intitulé « *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations* » ; ce document produit par la « *Resilience Allia*nce » au Sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg pour le compte du Conseil Consultatif Environnemental du gouvernement Suédois (Folke et *al*., 2002), qui participe de l'interprétation élargie de la résilience se réfère simultanément à la résilience comme étant la face opposée ("flip side") de la vulnérabilité, tout en la faisant figurer parmi la liste des trois éléments ou déterminants de la vulnérabilité, à côté de l'exposition et de la sensibilité du système à l'aléa. Cependant, au travers de ce document, la manière dont les auteurs établissent précisément le lien entre capacité adaptative et résilience demeure peu claire. Il semble qu'ils assimilent la capacité adaptative avec la troisième des dimensions précitées de la résilience, à savoir le degré auquel un système peut construire et accroître sa capacité d'apprentissage et d'adaptation. Cela suggérerait que, selon la « Resilience Alliance », la capacité adaptative serait l'un des trois déterminants de la résilience, qui, en retour, est l'un des trois déterminants de la vulnérabilité (ou sa « face cachée »).

La résilience concept distinct mais enchevêtré à la vulnérabilité

Enfin, un troisième groupe d'approches, envisage une relation plus complexe entre les deux concepts de vulnérabilité et de résilience que la simple opposition ou inclusion. La résilience et la vulnérabilité sont alors envisagées comme des concepts séparés (Manyena, 2006; Paton, 2008), mais qui entretiennent néanmoins d'étroites relations ou chevauchements. Selon certains auteurs, la résilience et la vulnérabilité sont considérées comme étant indépendantes, comme agissant à différentes phases après la survenue de l'événement (préparation, réponse et récupération) aux niveaux individuels, communautaires ou institutionnels afin de contribuer respectivement à l'amélioration de l'adaptation et à la minimisation des ruptures (Paton, 2008). D'autres chercheurs identifient l'adaptabilité comme étant la dimension où se chevauchent partiellement la vulnérabilité et la résilience (Chapin, 2009), soulignant ainsi que les deux concepts ne peuvent pas être interprétés comme de simples opposés ni comme inclus l'un dans l'autre, mais comme des entités séparées ne se

[49] "The ability or capacity of a system to modify or change its characteristics or behaviour so as to cope better with existing or anticipated external stresses." (Adger et *al*., 2004))

recouvrant que partiellement l'une l'autre. Par exemple, Rose (2007) indique que la réduction de la vulnérabilité n'implique pas toujours que la résilience progresse. Si la localisation la plus attractive économiquement d'une région (par exemple, une ville portuaire située dans le delta d'un fleuve) est également un site vulnérable (i.e. sujet aux inondations), les mesures de protection peuvent substantiellement réduire la vulnérabilité de ce lieu (la probabilité des inondations est réduite) ; toutefois, une concentration croissante d'activités économiques dans cette partie de la région la plus sujette aux inondations peut réduire la résilience de ce territoire (l'exposition à l'aléa a certes diminué mais la sensibilité aux impacts a en revanche augmenté si l'événement devait se produire). Ce résultat apparemment paradoxal tient aux différentes perspectives - dans ce cas géographiques - au regard des échelles auxquelles la vulnérabilité et la résilience sont évaluées. Cela tient au fait que les sociétés souvent ne comprennent pas la totalité des mécanismes enclenchés par les efforts entrepris pour réduire la vulnérabilité et améliorer la résilience. Elles n'en appréhendent que des morceaux mais pas le processus d'ensemble. Par exemple, Leiter et *al*. (2009) ont étudié la récupération économique de divers secteurs économiques au sein de régions européennes soumises aux risques d'aléas. Les résultats concernant les effets produits sur le développement économique ont révélé d'importantes différences entre les impacts à court ou à long terme et selon la part plus ou moins forte des actifs intangibles dans le stock de capital. Dans le même ordre d'idées, et dans la lignée des préoccupations en termes de résilience financière du secteur public (Aakre et *al*., 2010 ; Mechler et *al*., 2010) (en raison de l'affaiblissement de la capacité financière à faire face des pouvoirs publics notamment dans les Etats membres européens), Hallegatte (2008) ou Perrels et *al*. (2010) soulignent que l'état de bonne santé de l'économie au moment où se produit un désastre ou la manière de financer les réparations peuvent avoir une influence significative sur l'étendue avec laquelle les éventuels effets économiques peuvent être négatifs ou positifs.

Il existe par conséquent toute une gamme d'approches des liens entre vulnérabilité et résilience qui diffèrent sensiblement les unes des autres suivant la conception plutôt statique ou à l'inverse dynamique que les auteurs mettent en avant. Si la résilience est interprétée plus comme un « résultat » que comme un « processus » alors elle est considérée comme étant incorporée au sein du concept de vulnérabilité. Mais si la résilience est perçue plutôt comme un « processus » que comme un « résultat » en lien avec les capacités adaptatives et d'apprentissage alors la vulnérabilité et la résilience représentent des concepts séparés mais néanmoins liés par certains aspects (vision à laquelle nous souscrivons). Selon les seconde et troisième interprétations des liens entre résilience et vulnérabilité (respectivement relation d'inclusion ou de séparation avec des chevauchements), ces deux propriétés jouent un rôle différent dans la capacité d'un territoire ou d'une communauté à se préparer et à répondre à des événements extrêmes. Ces approches partagent néanmoins l'idée que des stratégies visant à réduire la vulnérabilité ne contribuent pas nécessairement à améliorer la résilience

d'un système donné et inversement. Un système peut ainsi être vulnérable et résilient. Ces deux concepts de vulnérabilité et de résilience doivent ainsi s'étudier dans une certaine continuité.

De plus, ainsi que nous l'avons précédemment souligné, la vision binaire attribuant une connotation négative à la vulnérabilité et positive à la résilience n'est pas davantage pertinente[50], dichotomie que s'attache à dépasser la notion de vulnérabilité résilienciaire qui insiste sur les processus et interactions et leurs caractères dynamiques : la reconstruction ou l'émergence de nouvelles trajectoires d'un système, notions liées à la résilience, modifient la vulnérabilité du système qui à son tour modifie sa résilience... (Provitolo, 2009). C'est d'ailleurs la vision que nous avons choisi d'adopter dans le cadre de ce projet en considérant qu'il existe une différence de nature entre les deux concepts : tandis que certains éléments de la vulnérabilité peuvent être considérés comme des caractéristiques inhérentes d'un système, ce qui renvoie à sa dimension « état », elle n'en représente pas moins un processus ; quant à la résilience qui est un concept davantage relationnel ou interactif ainsi que Rutter (2006) l'a suggéré, elle peut être considérée à la fois comme un état, un processus ou une stratégie. Cela implique de considérer les stratégies dynamiques mises en œuvre par les communautés en premier lieu pour « faire face à » (résilience réactive) et puis pour « répondre à » (résilience proactive) des changements soudains et progressifs dans l'environnement naturel et construit, changements qui impliquent souvent des afflictions et des destructions dans le cas des impacts des extrêmes naturels.

Pour illustrer ces dynamiques, nous reprenons la visualisation graphique du concept de vulnérabilité de Bogardi (2006), en renommant le premier temps de la manifestation de celle-ci « exposition » (qu'il nomme « vulnérabilité » dans son schéma), les seconds et troisième temps étant la résistance et la résilience. La manifestation de la vulnérabilité (dommage potentiel avant l'occurrence de l'aléa) du système dépend au moment de la survenue d'un aléa climatique de la capacité de réaction du système au moment du choc (résistance) ou après le choc (résilience). Il s'agit donc d'un état à un instant t, mais qui intègre des considérations dynamiques (voir *Figure 29. Exposition, résistance et résilience dans le temps* ci-dessous). Dans cette perspective, la manière d'envisager les relations entre résilience et capacités d'adaptation doivent être réexaminées.

[50] La vulnérabilité ne décrit pas uniquement les facteurs qui peuvent détériorer la réponse individuelle ou collective et la résilience n'est pas *de facto* une réponse appropriée (Provitolo, 2009).

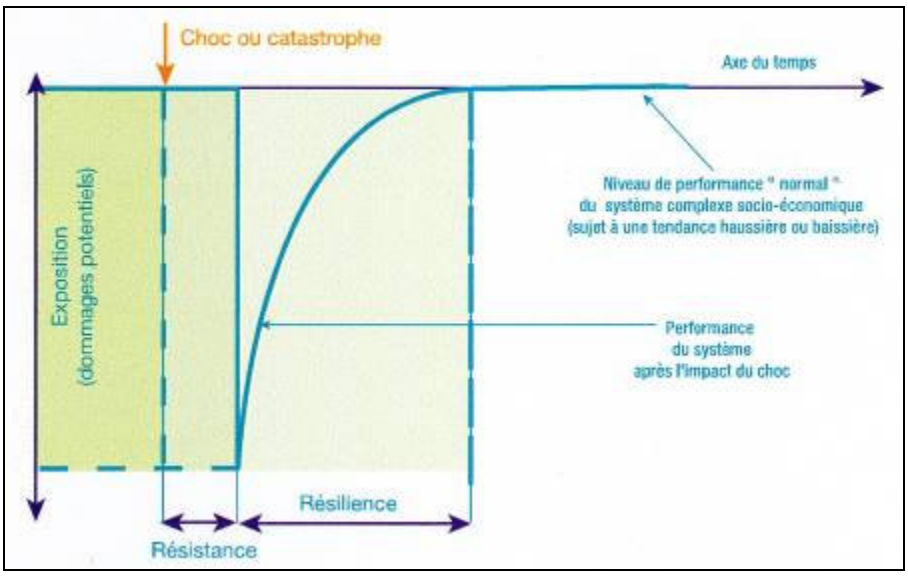


Figure 29. Exposition, résistance et résilience dans le temps
Source : d'après Bogardi, 2006.

Réexamen des relations entre résilience et capacité d'adaptation

A un certain moment, le terme « résilience » était employé de façon interchangeable avec celui de « capacité d'adaptation », dans la mesure où l'un comme l'autre désignent une caractéristique d'un système qui décrit sa « capacité à faire face » aux facteurs de stress externes, et où chacun peut être limité ou amélioré par des facteurs internes ou externes. Or, les deux notions, si elles se recoupent partiellement (ainsi que nous l'avons précédemment souligné, la capacité adaptative fait partie intégrante de la résilience proactive), ne se confondent pas. Pour autant, on ne saurait en conclure que la résilience, étant donné qu'elle suppose une caractéristique inhérente des systèmes à rester dans leur état actuel (GIEC, 2001[51]) et à présenter les mêmes fonctions et structures (Walker et *al.*, 2004), pourrait aller à l'encontre des buts de l'adaptation, où les changements de comportements sont considérés comme des conséquences inévitables d'un climat en évolution. La contradiction n'est qu'apparente dans la mesure où la résilience, qui dans son acception « moderne », « dynamique », désigne la capacité des systèmes (sociaux, spatiaux, économiques, etc.) à se reproduire, n'implique pas la « continuité sans changement » ; la résilience renvoie à la capacité d'un enjeu à se maintenir dans le temps voire à intégrer la perturbation à son fonctionnement (Aschan-Leygonie, 1998[52]) ; or, pour que ce maintien soit possible, il faut que l'enjeu soit capable d'adapter sa structure au changement. La résilience (proactive), qui mesure par conséquent la faculté d'adaptation d'un enjeu, est donc bien en rapport avec la vulnérabilité (résilienciaire) et est un facteur de « durabilité » (« *sustainability* »).

[51] Selon le GIEC, la résilience représente « l'ampleur du changement dont un système peut être l'objet sans changer d'état (*Ibid*, 2001) ».
[52] Comme le souligne Aschan-Leygonie, « *il convient mieux d'utiliser un concept qui explicitement considère les transformations comme un élément nécessaire à son maintien, pour analyser la continuité d'un système dans le temps* (*Ibid*, 1998, 20) ».

La notion de résilience introduit deux concepts apparentés qui sont importants pour l'adaptation : les « plages de tolérances » et les « seuils ». Le premier concept, celui de « plages de tolérances », se rapporte à la variation du climat qu'un système peut subir sans qu'il y ait d'impacts significatifs ; les mesures d'adaptation ajusteront la « plage » et auront un effet similaire sur le niveau de résilience (voir *Figure 30. Les liens entre vulnérabilité, résilience et adaptation face à la variabilité et au changement climatiques* ci-dessous). Cette figure illustre la relation conceptuelle entre la variabilité et le changement climatique, d'une part, et la vulnérabilité, la résilience et l'adaptation d'un système, d'autre part. Sous un climat variable, les systèmes et les organisations développent une capacité à s'adapter relativement statique. A mesure que le climat change, la capacité passée à s'adapter peut se révéler insuffisante pour éviter une vulnérabilité accrue. La mise en œuvre de mesures d'adaptation peut alors aider à accroitre la résilience des systèmes et à gérer des organisations confrontées aux impacts du changement climatique.

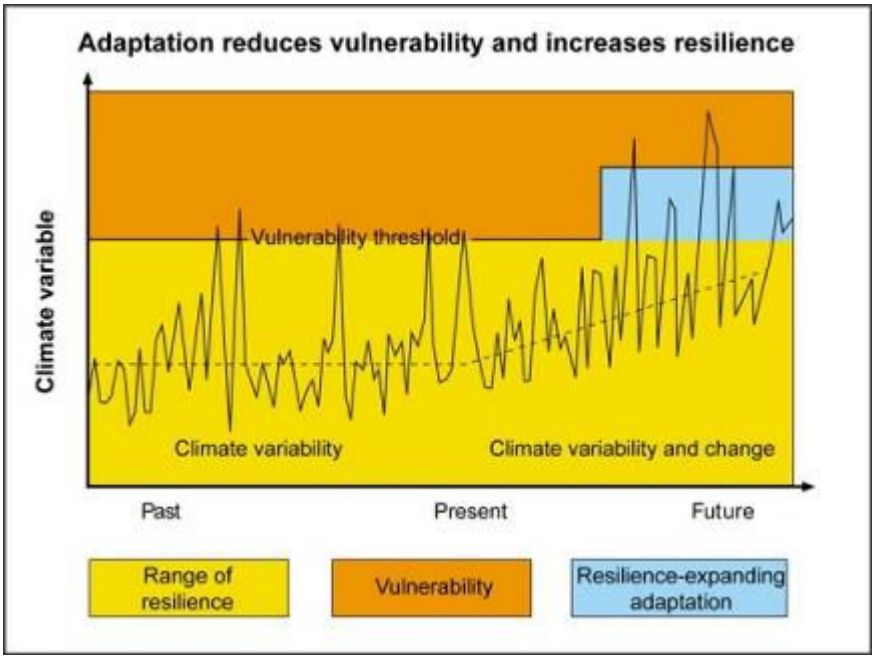


Figure 30. Les liens entre vulnérabilité, résilience et adaptation face à la variabilité et au changement climatiques
Source: Abraham, 2009, adapté de UKCIP 2003, Climate Adaptation: Risk, Uncertainty and Decision-making.

Le second concept, celui de « seuils », désigne le stade à partir duquel surviennent des impacts significatifs, c'est-à-dire lorsque les limites de la plage de tolérance sont outrepassées, ou à partir duquel le système connaît un changement d'état, c'est-à-dire lorsque sa résilience est dépassée. Les systèmes sociaux et écologiques se comportent d'une manière non-linéaire, avec des seuils rythmant leurs dynamiques, dans le cadre d'intégrations très étroites (Folke *et al.*, 2002) et sont plus ou moins résilients, c'est-à-dire plus ou moins capables de s'adapter aux changements, d'amortir les perturbations, de se réorganiser après des crises (Walker *et al.*, 2002). Décamps se réfère

implicitement à cette idée de franchissement d'un seuil lorsqu'il indique que « *les caractères d'exposition, de sensibilité et de résilience, éléments de vulnérabilité des systèmes socio-écologiques, déterminent le caractère plus ou moins catastrophique de leur réponse à un événement extrême* (Décamps, 2007, 49 » (voir *Figure 31. Réponse d'un système face à un événement extrême* ci-dessous qui fait la distinction entre les « événements extrêmes » et les « réponses » à ces événements). Un événement extrême, de nature climatique ou autre, est en effet un événement relativement rare en ampleur, en fréquence et/ou en durée pour un système donné, au cours d'une période déterminée – une période par rapport à laquelle il est relativement soudain. Il peut, ou non, induire une réponse extrême, en ampleur, en fréquence et/ou en durée des attributs du système considéré, à un niveau quelconque de son organisation. Cette distinction offre un cadre utile en orientant l'attention sur les conditions de vulnérabilité susceptibles de déterminer des réponses exceptionnelles de la part des systèmes exposés (Goodin, 2004).

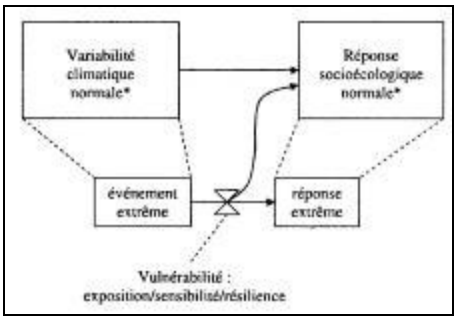


Figure 31. Réponse d'un système face à un événement extrême
Source : Décamps, 2007, 49.

Le fait est que la vulnérabilité et la résilience d'un système (et donc sa capacité d'adaptation) dépendent en partie, mais en partie seulement, de l'amplitude de l'aléa considéré. Pour des événements de très faible ampleur, la vulnérabilité est généralement faible, exprimant le fait qu'il n'y aura probablement pas de dommages ou bien que des dommages mineurs devraient se produire si un tel aléa se manifestait. A mesure que l'amplitude de l'événement s'accroît, la vulnérabilité augmente elle aussi. Pour des aléas de très forte magnitude, la vulnérabilité est ainsi généralement très élevée, impliquant une destruction presque totale ou des dommages très importants et certainement des difficultés à faire face à cette situation catastrophique. Mais tout dépend en fait des caractéristiques de vulnérabilité et de résilience du système considéré, un événement de même ampleur pouvant occasionner des niveaux de dommages très différents. La *Figure 32. Représentation des niveaux de dommages attendus et de leur évolution compte tenu de l'ampleur de l'aléa* ci-dessous représente deux cas de figure : un cas où des dommages considérables peuvent être attendus pour un événement d'intensité moyenne (courbe bleu foncé en haut à gauche) et un cas qui représente un processus ou

une structure plus résistante où l'aléa doit être de très large amplitude pour provoquer des dommages majeurs (courbe bleu clair en bas à droite).

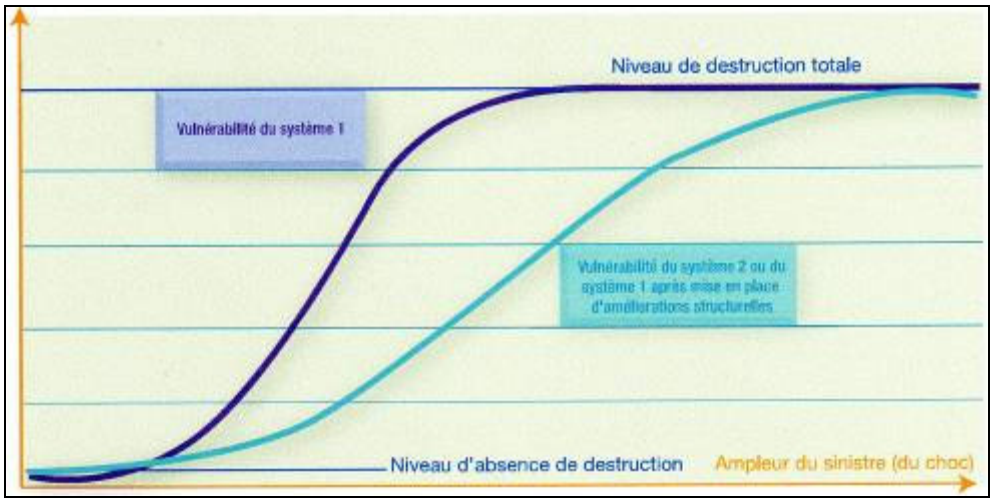


Figure 32. Représentation des niveaux de dommages attendus et de leur évolution compte tenu de l'ampleur de l'aléa
Source : d'après Cardona, 2003.

Définir les seuils des écosystèmes est l'un des objectifs principaux de nombre d'études sur les impacts du changement climatique (International Scientific Steering Committee, 2005) alors que comprendre et déterminer les seuils propres aux systèmes humains peut se révéler être l'élément clé de la prise de décision éclairée en matière d'adaptation. La difficulté réside dans le fait de savoir si les seuils peuvent être établis avant d'être dépassés et, comme l'ont souligné Walker et Meyers (2004), dans la littérature publiée, ne figure aucun exemple de seuils qui aient été prévus avant d'être franchis. Une autre difficulté tient à ce que l'adaptabilité ou capacité d'adaptation, souvent présentée comme un facteur d'augmentation de la résilience d'un système, peut aussi entraîner une perte de résilience à d'autres échelles ou niveaux (Provitolo, 2009).

La mobilisation des capacités adaptatives d'un système, face aux risques qu'il perçoit, se situe *ex-ante*, avant que l'incertitude sur l'avenir ne soit levée, il s'agit alors de se prémunir contre les risques. Cette mobilisation s'observe aussi *ex-post*, lorsqu'un système doit faire face aux conséquences de la survenue d'un choc, c'est-à-dire lorsqu'un risque s'est réalisé. Il s'agira alors d'évaluer la résilience du système, c'est-à-dire, usuellement, sa capacité à dépasser une situation critique, à lui résister et à lui survivre, ce qui ne signifie pas nécessairement revenir à un état initial. La résilience telle que nous la concevons inclut et ne se juxtapose pas à la capacité d'adaptation. Plus précisément, elle renvoie à la capacité à anticiper ce qui peut l'être (à se prémunir des « coups du sort ») et à réagir à ce qui survient de manière imprévue (à tirer parti des « coups du sort »). Elle s'exprime au travers des choix effectués et peut être évaluée via une analyse des stratégies de gestion des risques adoptées, et en particulier de leur caractère plutôt défensif (tendre à maintenir l'existant)

ou offensif (tenter de modifier, voire de rompre avec l'existant). Une faible résilience adaptative se traduit ainsi souvent par le primat de stratégies défensives, visant à sauvegarder ce qui peut l'être, par une gestion de l'urgence teintée de fatalisme et d'attentisme, par une difficulté, donc, à se projeter. Il en résultera une relative impuissance exprimée face aux principaux risques vécus.

I.2.3. Adaptation

D'usage plus récent (tournant des années 2000 pour la littérature anglophone, et depuis peu pour celle francophone), l'adaptation est, comme les deux précédents concepts de vulnérabilité et de résilience, une notion elle aussi en vogue, qui revêt une importance croissante dans les réflexions (comme les négociations internationales) sur le climat, qu'elles traitent d'aspects conceptuels ou de cas d'études. Bien qu'étant de plus en plus fréquemment utilisée dans la littérature associée, au point d'être en passe de devenir le principal objet d'attention dans le cadre des réflexions sur l'action face au changement climatique (Schipper, 2006), la signification et la portée de ce concept n'ont pas encore été réellement l'objet d'investigations approfondies dans les recherches académiques. Malgré les efforts scientifiques pluridisciplinaires mondiaux regroupés notamment au sein des travaux du GIEC, le champ de l'adaptation au changement climatique, qui ne bénéficie pas encore d'un cadre conceptuel cohérent, reste donc largement à investir pour en éclaircir, en stabiliser et en cerner l'usage. Ce chantier, qui nécessiterait un travail à la fois sémantique, épistémologique et critique afin de mieux le resituer dans l'histoire des idées, des pratiques et des contextes locaux, est désormais ouvert et reste en large part à construire. Bien que ce travail n'entende pas être réalisé ici, l'on vise néanmoins à esquisser quelques-unes des réflexions et pistes principales à garder à l'esprit au regard de nos préoccupations dans le cadre de cette recherche, notamment en vue de faciliter son opérationnalisation sur le terrain. Parmi les difficultés rencontrées à ce dessein, le terme « adaptation » lui-même est condamné à poser d'« effrayantes » questions (Cuénot, 1925) compte tenu de son histoire étymologique complexe et duale qui l'entremêle avec d'autres concepts (Simonet, 2009).

Les ambigüités sémantiques et différents usages scientifiques du terme adaptation

D'un point de vue étymologique, le terme « adaptation » dérive du latin médiéval « adaptatio » (lui-même lié au verbe, attesté au XIIIe siècle, mais généralisé en français puis en anglais au XVIe siècle pour désigner l'action d'adapter (*adaptare*[53]) au sens d'ajuster. En rhétorique, le terme « adaptation » exprime la convenance à une situation (1578), pour inclure, au XIXe siècle avec l'essor de la biologie, l'idée de modification ; il prendra ensuite toute sa dimension sémantique à

[53] Le verbe « adapter » provient du verbe latin « *adaptare* » (qui signifie ajuster à, en vue de) qui a été formé à partir d'« *apere* » (lier, attacher), dont le participe passé « *aptus* » (apte) a été ajouté à la locution « *ad* » (à, vers) (Rey, 2006).

travers son appropriation transdisciplinaire, notamment en psychologie, et sa transposition en sociologie (Taché, 2003). Dans le langage courant l'adaptation renvoie simultanément « *à l'action d'adapter ou de s'adapter* » et à la « *modification qui en résulte* » (Le Petit Robert, 1991, 23), définition dont il ressort que l'adaptation peut être entendue à la fois comme une action et un résultat.

Les travaux sur l'adaptation biologique de Rabaud (1922) puis de Cuénot (1925) marquèrent le début d'une ère féconde pour l'enrichissement de la notion qui culminera dans la seconde moitié du XXe siècle, grâce aux apports de nouvelles sciences, telle la cybernétique, et des avancées en théorie de l'information et en thermodynamique des systèmes ouverts. Définie de prime abord au niveau individuel, l'adaptation fut ensuite appliquée à l'échelle des collectivités humaines (Orlove, 2005). Les recherches des années 1990 sur l'auto-organisation, la complexité et la systémique participèrent au rayonnement de l'adaptation, érigée alors au rang de concept (Simonet, 2009). En dépit de ces avancées, « *l'adaptation reste prisonnière de son étymologie* (*Ibid,* 394) », qui fait référence à la fois à une action (processus) et au résultat (état) qui en découle, dualité terminologique résumée par « l'adaptation-état » et « l'adaptation-processus » de Piaget (1967) (voir *Figure 33. Dualité sémantique de l'adaptation comme processus ou état* ci-dessous).

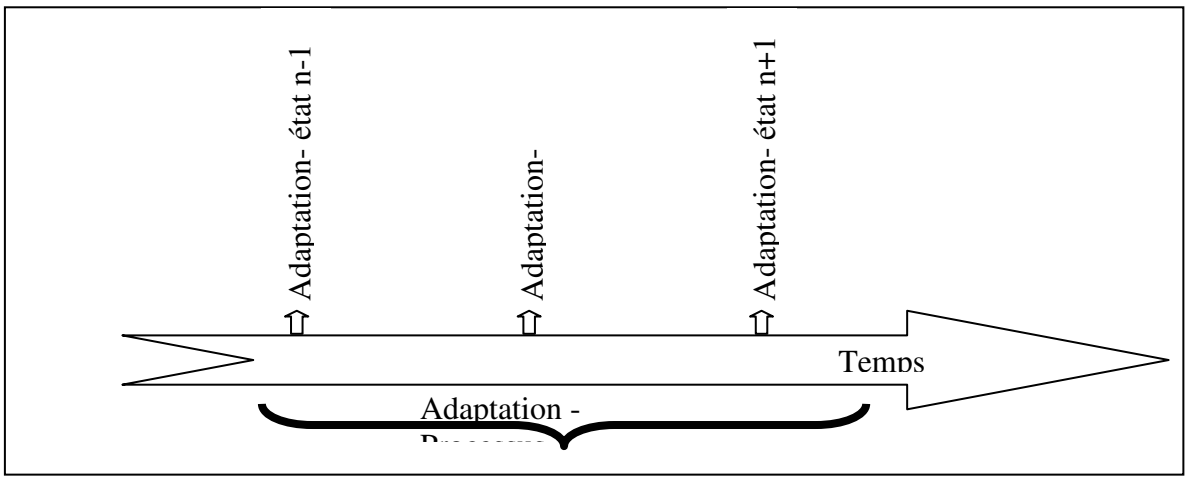


Figure 33. Dualité sémantique de l'adaptation comme processus ou état
Source : d'après Simonet, 2009, 394.

Cette duplicité sémantique du concept est très clairement illustrée par la définition qu'en donnent Smit et Wandel (2006) dans le champ du changement climatique : « *L'adaptation dans le contexte des dimensions humaines du changement global renvoie généralement à un processus, une action ou un résultat dans un système (foyer, communauté, groupe, secteur, région, pays) afin que le système puisse mieux faire face, gérer ou s'ajuster à des conditions changeantes, stress, dangers, risques ou opportunités* (*Ibid*, 282) ». Par conséquent, ce concept d'adaptation désigne à la fois un processus (qui consiste à s'adapter), continu dans le temps, et un état (qui consiste à être adapté), figé par la perception temporelle humaine, rendant la compréhension de ses multiples dimensions délicate

(Simonet, 2009, 394). La difficulté d'interprétation réside ici dans la perception humaine du temps : les adaptations observées paraissent d'une relative stabilité, alors qu'elles sont le fruit d'une évolution permanente (Bocquet, 2002).

À travers sa polysémie, le concept d'adaptation englobe désormais de nombreux aspects interdisciplinaires (voir *Encadré 11. La mobilisation du concept d'adaptation par divers champs théoriques* ci-dessous) qui en font un outil pertinent pour penser le rapport entre les sociétés humaines urbanisée et leur environnement dans une perspective systémique d'actions réciproques (Reghezza, 2007) alors que s'accélèrent et s'accentuent les changements écologiques et socioéconomiques globaux.

Discipline	Définition	Concepts associés
Biologie	« On entend par adaptation biologique l'ensemble des corrélations internes et externes (relations organismes-milieu) qui font qu'un organisme peut vivre d'une certaine manière dans un habitat donné, et y contribuer à la perpétuation de l'espèce à laquelle il appartient » (Bocquet, 2002).	Évolution Interactions Acclimatation
Psychologie	« Processus qui entoure l'incessante interaction entre l'homme et le monde dynamique dans lequel il évolue et interagit » (Jakubowicz, 2002).	Équilibration Habituation
Anthropologie	« Processus par lequel les organismes ou populations d'organismes effectuent des ajustements biologiques ou comportementaux qui facilitent ou assurent leur succès reproducteur, et donc leur survie, dans leur environnement. Le succès ou l'échec des réponses adaptatives peuvent uniquement se mesurer sur le long terme et les conséquences évolutives des comportements observés ne sont pas prédictibles » (Bates, 2005).	Ajustement Comportement
Sociologie	Malgré des racines entremêlées avec la biologie, la sociologie utilise peu le concept d'adaptation, préférant les termes acculturation, déviance ou socialisation. Le concept d'adaptation en sociologie existe néanmoins via l'adaptation sociale, qui s'attarde sur les changements, chez l'individu, à l'origine du développement des aptitudes à s'intégrer et à acquérir un sentiment d'appartenance à un groupe (Boudon, 2002).	Intégration Socialisation Acculturation
Géographie	L'école de géographie de Chicago emprunta à l'écologie le concept d'adaptation pour le définir comme le fruit de choix délibérés afin d'échapper aux contraintes du milieu, se démarquant ainsi du déterminisme biologique issu de la sélection naturelle en s'appuyant davantage sur la notion d'ajustement : « l'objet de la géographie est l'ajustement de l'homme à l'environnement et non à l'influence de cet environnement » (Barrows, cité par Reghezza, 2007).	Ajustement

Encadré 11. La mobilisation du concept d'adaptation par divers champs théoriques
Source : Simonet, 2009, 398

Le concept d'adaptation dans les sciences naturelles et humaines

Bien que la définition de l'adaptation fasse encore débat dans le champ des sciences physiques et naturelles, ce concept, entendu au sens large, renvoie généralement au développement de caractéristiques génétiques ou comportementales qui rendent les organismes ou les systèmes capables de faire face à des changements environnementaux afin de survivre ou de se reproduire (Futuyama, 1979 ; Winterhalder, 1980 ; Kitano, 2002). Les adaptations individuelles (ou caractéristiques adaptatives) représentent des caractéristiques des organismes qui se sont développés pour assurer leur

survie (Dobzhansky et *al*., 1977 ; O'Brien et Holland, 1992). Au sein des sciences naturelles, les considérations autour de la question de l'adaptation embrassent plusieurs échelles qui vont de l'organisme ou de l'individu jusqu'à la population d'une seule espèce ou d'un écosystème tout entier (Krimbas, 2004).

Les SHS qui se sont emparées du concept d'adaptation des systèmes humains avaient pour préoccupation les questions de « succès », de « réussite » ou de « survie » d'une culture donnée. L'application du terme d'adaptation aux systèmes humains a été réalisée par l'anthropologiste et écologiste culturel, Julian Steward, qui a parlé d'« adaptation culturelle » pour décrire l'ajustement des « noyaux culturels » (i.e les sociétés régionales) à l'environnement naturel au travers des activités de subsistance (Butzer, 1989). Dans cette perspective, l'adaptation a pu être appréhendée comme la conséquence d'une sélection agissant sur la variation des pratiques culturelles (adaptations) qui ont historiquement permis à une culture de survivre. O'Brien et Holland (1992, 37) définissent le processus d'adaptation comme étant celui par lequel les groupes de personnes créent de nouvelles méthodes et améliorent celles existantes pour que leurs « répertoires culturels » puissent faire face à leur environnement changeant. Denevan, l'un des premiers à avoir élargit la gamme des stress auxquels les systèmes humains doivent s'adapter au-delà des seuls stress biophysiques, envisage l'adaptation (culturelle) comme un « *processus de changement en réponse à une modification dans l'environnement physique ou dans les stimuli internes tels que la démographie, l'économie et l'organisation* (*Ibid*, 1983, 401) ». Les pratiques culturelles, mises en avant par les SHS, font écho aux caractéristiques génétiques des sciences naturelles envisagées dans une perspective évolutionniste ; un groupe qui ne dispose pas de méthodes adéquates pour faire face à des stress environnementaux ne sera pas capable d'entrer en compétition pour les ressources rares et échouera à poursuivre son développement. De ce point de vue, une pratique culturelle représente une « adaptation » uniquement si elle a été développée pour surmonter un stress ; cela conduit à distinguer les « adaptations » des « caractéristiques adaptatives » qui autorisent les sociétés à fonctionner au sein de leurs environnements sans se soucier de savoir si elles ont évolué comme résultat d'une sélection (O'Brien et Holland, 1992). Dans les travaux plus récents en SHS, les pratiques culturelles qui autorisent les sociétés à survivre (et, au-delà, à prospérer) ont distingué les adaptations fondées sur les comportements de celles résultant d'innovations (technologiques) (Denevan, 1983). Il est reconnu que les sociétés s'adaptent à une vaste gamme de stimuli, incluant (mais non limité à) des stress environnementaux. Les cultures (ou les sociétés) qui sont capables de répondre ou de faire face à un changement rapidement ou facilement sont considérées comme ayant une forte « adaptabilité » ou « capacité à s'adapter » (Denevan, 1983).

Dans les sciences dures comme en SHS, le concept d'adaptation a été utilisé à la fois implicitement et explicitement au sein de différents champs académiques, depuis celui des risques naturels à ceux des dotations et de la sécurité alimentaire, en passant par celui de l'écologie politique. Certains chercheurs ont employé les concepts et la terminologie des changements écologiques biophysiques avec un éclairage sur les flux de matière, d'énergie et d'information (Odum, 1970) et les concepts reliés de résilience, d'équilibre et de gestion adaptative (Holling, 1986). D'autres, en particulier dans le champ des risques naturels, se sont focalisés sur la perception, l'ajustement et la gestion des risques environnementaux (Burton et *al*., 1978). L'adaptation est généralement implicite dans le domaine de l'écologie politique. Les relations entre les écosystèmes et l'économie politique sont souvent traités comme des questions de gestion adaptative des risques en lien avec les relations de pouvoir politiques et sociales, l'utilisation des ressources et les économies globales (Blaikie et Brookfield, 1987 ; Sen, 1981 ; Walker, 2005). Les travaux sur les dotations et la sécurité alimentaire considère l'adaptation comme une réponse à un stress à la lumière de l'accès aux ressources et des capacités des personnes à faire face (Downing, 1991 ; Adger et Kelly, 1999 ; Adger, 2000). Un apport-clé de ce champ de recherche est d'avoir démontré comment les capacités adaptatives des individus ou des ménages se formaient et étaient contraintes par des processus sociaux, politiques et économiques intervenant aux échelles supérieures.

Dans une perspective similaire, les recherches sur les risques environnementaux globaux et l'amplification sociale des risques ont placé les ajustements et les adaptations des systèmes dans le contexte des forces humaines motrices, des contraintes biophysiques et des atténuations sociales, économiques et politiques des risques (Kasperson et Kasperson, 2001, 2005 ; Pidgeon et *al*., 2003). Les conceptualisations des risques et de leurs manifestations comme désastres, incluant le modèle « Pression et Relâchement » (*Pressure and Release* ou PAR) (Blaikie et *al*., 1994; Wisner et *al*., 2004), se sont attachées à identifier les stress environnementaux liés aux risques et la progression des forces sociales qui contribuent à la vulnérabilité, y compris celles qui ont trait aux capacités adaptatives. La vulnérabilité d'un système socio-écologique à un aléa apparaît comme la propension de ce système à être endommagé, en première analyse de par son exposition à cet événement ; cependant, compte tenu des liaisons multiples et variées susceptibles d'affecter cette vulnérabilité, il convient en effet de prendre en compte, au-delà des conditions d'exposition, la sensibilité du système considéré et sa résilience qui renvoie à ses capacités de réponse et d'ajustement. Cette vision des systèmes socio-écologiques couplés, qui spécifie le rôle des réponses humaines adaptatives, a été développée plus avant dans les travaux de Wisner et *al*. (2004) et de Turner et *al*. (2003) (voir *supra*, les différentes approches de la vulnérabilité).

Les différentes approches de l'adaptation dans la littérature sur le changement climatique

Historiquement, les conditions climatiques ainsi que leurs évolutions ont toujours joué un rôle dans l'histoire humaine (Acot, 2004), les sociétés ayant à la fois influé sur le climat local (changement d'affectation des sols, cultures, bâtiments, rejets atmosphériques, etc.) et su s'adapter à des conditions climatiques changeantes. Mais si l'adaptation au changement climatique représente un enjeu spécifique et inédit pour l'humanité, c'est en raison de la rapidité et de la brutalité des évolutions observées et projetées, l'échelle planétaire du phénomène, son inertie et sa faible réversibilité, sa visibilité limitée ; de ce fait, les sociétés humaines se trouvent confrontées à des périls sans commune mesure avec ce qu'elles ont connu jusqu'ici et mises devant leur responsabilité collective à préserver la stabilité climatique désormais reconnue comme un bien public mondial ou un patrimoine commun support de vie.

Plusieurs définitions de l'adaptation coexistent dans la littérature sur le changement climatique, qui pour la plupart trouvent leurs racines dans les sciences naturelles, et en particulier la biologie évolutionniste, et représentent autant de variations d'un même thème : Brooks (2003) décrit l'adaptation comme renvoyant à la fois à « *des ajustements dans le comportement d'un système et des caractéristiques qui améliorent sa capacité à faire face à des stress externes*(*Ibid*, 2003, 8) » ; Smit et *al*.(2000) conçoivent l'adaptation comme « *des ajustements de systèmes socio-économico-écologiques en réponse à des stimuli climatiques actuels ou attendus, à leurs effets ou leurs impacts (Ibid*, 2000, 225) ». Pielke (1998) définit quant à lui l'adaptation comme les « *ajustements dans les groupes individuels ou les comportements institutionnels afin de réduire la vulnérabilité de la société au climat (Ibid*, 1998, 159) ».

Les analyses de l'adaptation face au changement climatique ont émergé à la faveur de la prise de conscience croissante du phénomène lui-même. Un exemple précurseur est celui de Butzer (1980) qui a considéré l'adaptation culturelle (ingéniosité humaine incluant l'innovation technologique et la planification à long-terme) à la lumière du changement climatique prédit et de ses impacts anticipés sur la chaîne alimentaire mondiale. Depuis lors, les analyses de l'adaptation à des conditions climatiques changeantes ont été menées pour répondre à diverses préoccupations (Kelly et Adger, 2000 ; Smit et *al*., 2000) que l'on peut regrouper en quatre types de travaux distincts.

L'adaptation comme enjeu d'atténuation des impacts néfastes

Un premier corpus d'approches en termes d'adaptation a pour objectif commun de chercher à estimer le degré auquel les scénarios des impacts modélisés du changement climatique pourraient être modérés, contrebalancés ou atténués par l'« *adaptation aux impacts* » (Parry, 2002 ; Mendelsohn et *al*., 2000 ; Fankhauser, 1998). Ces analyses font écho à l'article 2 de la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) qui engage les Parties à atténuer leurs émissions de GES afin d'empêcher « *toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique* » (article 2, CCNUCC, 6). Les adaptations sont, dans cette perspective, considérées pour évaluer le degré auquel elles peuvent modérer ou réduire les impacts négatifs du changement climatique ou en tirer des effets bénéfiques, afin d'éviter le danger. Ces analyses sont généralement conduites à de larges échelles, sur la base de modèles d'équilibre ou statistiques utilisés pour estimer les impacts du changement climatique avec ou sans adaptation, cela afin d'établir à quel degré les scénarios élaborés peuvent être jugés préoccupants ou dangereux (Dessai et *al*., 2003 ; Parry et *al*., 2001). Lorsqu'elles sont analysées dans ce but, les adaptations sont conventionnellement supposées (ou hypothétiques) et leurs effets sur le système envisagé sont estimés au regard de leurs impacts projetés (en termes de coûts, d'économies réalisées, etc.). Autrement dit, l'accent est mis dans ces approches sur les effets des adaptations présupposées, l'objectif étant d'estimer l'influence que pourrait exercer l'adaptation sur les impacts du changement climatique (Tol, 1996 ; Arnell, 1999) ; le terme de vulnérabilité a d'ailleurs été parfois utilisé pour décrire les impacts nets ou résiduels estimés du changement climatique, c'est-à-dire les coûts initiaux des impacts moins les économies nettes dues à l'adaptation (voir *infra*, 2e partie du rapport, les approches descendantes du couple vulnérabilité/adaptation dans la figure des pyramides inversées). Ces travaux de recherche n'explorent pas empiriquement les adaptations ; ils n'examinent pas non plus les processus actuels d'adaptation ou de capacités adaptatives ; ils ne renseignent pas davantage les conditions ou les facteurs moteurs qui facilitent ou contraignent les adaptations, pas plus qu'ils ne documentent les processus de prise de décision, les autorités ou les mécanismes impliqués dans l'adaptation (Smit et Wandel, 2006, 286).

L'adaptation comme enjeu de sélection de mesures spécifiques appropriées

Un second corpus se focalise sur des options ou des mesures spécifiques d'adaptation pour un système particulier soumis aux stimuli du changement climatique. Ces analyses font, quant à elles, écho à l'article 4 de la CCNUCC qui engage les Parties à formuler et à mettre en œuvre « *des mesures visant à faciliter l'adaptation appropriée aux changements climatiques* (Article 4.1.b, CCNUCC, 7) ». L'objectif de ces travaux est d'évaluer les mérites relatifs (ou l'utilité relative) d'adaptations alternatives, afin d'identifier la ou les meilleure(s) d'entre elles (Klein et *al*., 1999 ; Fankhauser et *al*., 1999 ; Niang-Diop et Bosch, 2004). Ces approches impliquent de sélectionner une série d'« adaptations possibles », retenues sur la base d'hypothèses, d'observations, de modélisations,

d'extrapolations, d'analyses ou de raisonnements déductifs et généralement considérées comme discrètes et distinctes afin de pouvoir être soumises à l'évaluation suivant des méthodes ou principes (analyses en termes de coûts-avantages ou de coûts effectifs, procédures d'évaluation multicritères, etc.) ou des critères communs (coûts, bénéfices, implémentabilité, effectivité, efficacité, efficience, équité, etc.) (Fankhauser et *al*., 1999 ; Feenstra et *al*., 1998 ; Smith et *al*.,1998 ; Adger et *al*., 2005). Ces analyses font l'hypothèse qu'il existe, en pratique, un processus au travers duquel les adaptations sont sélectionnées et mises en œuvre et leur objet est de « classer » les adaptations potentielles mais elles n'explorent que rarement les processus au travers desquels les mesures d'adaptation sont prises, que ce soit spécifiquement à la lumière du changement climatique (très rare) ou comme élément de politiques ou de processus de prises de décisions auxquels cette adaptation au changement climatique pourrait être reliée.

L'adaptation comme enjeu de capacités adaptatives relatives

Un troisième groupe de travaux place l'accent sur les capacités adaptatives relatives (ou la vulnérabilité relative) de pays, de régions ou de communautés, ce qui suppose d'opérer des évaluations comparatives ou des « classements » fondés sur des indices ou des variables sélectionnés par les chercheurs (Kelly et Adger, 2000 ; Adger et *al*., 2004 ; Brooks et *al*., 2005 ; Rayner et Malone, 2001). Dans ce cas, la vulnérabilité est considérée comme étant le « point de départ » plutôt que comme le « point d'arrivée » résiduel de l'analyse (O'Brien et al., 2004) (voir *infra*, 2e partie du rapport sur la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation), et l'hypothèse est faite que l'on peut la mesurer sur la base d'attributs ou de déterminants sélectionnés *a priori*. L'application attendue de ces études est que les efforts d'adaptation soient dirigés vers les zones (aires, districts, etc.) les plus exposées ou les plus sensibles ou présentant les plus faibles capacités adaptatives. Ces travaux font écho à l'article 4.4 de la CCNUCC qui engage les pays développés Parties à aider « *les pays en développement Parties particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques à faire face au coût de leur adaptation auxdits effets* (*Ibid,* 11)». L'objectif principal de ces travaux est de fournir une évaluation de la vulnérabilité relative (et/ou de la capacité adaptative relative) des pays ou des régions sur la base d'indicateurs ou de procédures de classement ou de notation. Des mesures représentatives de l'exposition, de la sensibilité ou des éléments de capacité adaptative sont estimées pour chaque système (parfois avec des inputs locaux) pour être ensuite agrégées et établir un « score » (un niveau ou un degré) global de vulnérabilité (Adger, 2006). Ces recherches ne visent pas à identifier les processus, les déterminants ou les facteurs moteurs des capacités adaptatives et de la vulnérabilité tels qu'ils agissent dans chaque système, qui sont considérés comme donnés et utilisés comme base pour le classement ou la notation.

L'adaptation comme enjeu de pratiques adaptatives « taillées sur mesure »

Enfin, un quatrième type d'approches, peu communes jusqu'ici dans le champ académique du changement climatique, a pour ambition de contribuer à des initiatives pratiques d'adaptation en explorant les capacités adaptatives ou les besoins adaptatifs dans des régions ou des communautés particulières afin d'identifier les moyens de mettre en œuvre des processus ou des stratégies d'adaptation ou d'améliorer les capacités adaptatives ; l'analyse doit permettre l'identification et le développement de mesures ou de pratiques adaptatives particulières « taillées sur mesure » pour répondre aux besoins de la communauté ou du système étudié. Bien que visant à opérationnaliser l'adaptation « sur le terrain », le terme n'est pas pour autant toujours explicitement utilisé dans ces travaux (Sanderson, 2000). Elles correspondent à une vaste gamme de recherches allant du domaine de la gestion des risques ou des ressources, en passant par ceux du développement des communautés, de la sécurité alimentaire ou des moyens d'existence jusqu'aux approches récentes en termes de développement durable local ou territorial. L'objectif poursuivi dans ce cadre n'est pas d'évaluer les adaptations, ni de mesurer les vulnérabilités relatives, pas plus que de quantifier les impacts ou d'estimer les effets des adaptations présumées. Il s'agit plutôt de documenter la manière dont un système ou une communauté fait l'expérience de conditions changeantes et les processus de prise de décision qui en découle dans le système (ou qui l'influence) et qui pourraient favoriser les adaptations et fournir les moyens d'améliorer les capacités adaptatives (Keskitalo, 2004 ; Ford et Smit, 2004 ; Sutherland et *al*., 2005). Dans le champ de l'adaptation au changement climatique, ce corpus de recherche présente plusieurs caractéristiques distinctives importantes pour faciliter les initiatives d'adaptation, notamment à l'échelon local. En premier lieu, il ne présume pas des variables spécifiques qui représentent l'exposition, la sensibilité ou les aspects de capacité adaptative, il cherche plutôt à les identifier empiriquement à partir des communautés ou des systèmes étudiés. Ensuite, ce type de travaux met l'accent sur les conditions qui sont importantes pour les communautés ou les systèmes plutôt que sur celles présupposées par les chercheurs ou celles pour lesquelles des données sont disponibles. De plus, il emploie l'expérience et la connaissance des membres de la communauté pour caractériser les conditions pertinentes, les sensibilités du système, les stratégies adaptatives et les processus de prise de décision liés aux capacités adaptatives ou à la résilience. Enfin, ce corpus identifie et documente les processus de prise de décision au sein desquels les adaptations au changement climatique peuvent être intégrées. Il s'agit d'identifier ce qui peut être fait au plan pratique, comment et par qui afin de réduire la vulnérabilité aux conditions qui sont problématiques pour la communauté (Moss et *al*., 2001). Ces travaux sont parfois qualifiés d'approches « ascendantes » par contraste avec les approches « descendantes » basées sur des scénarios. Ce type d'approche n'est pas conçu pour « monter en échelle » (« *to be scaled up* ») au sens où il viserait à fournir une valeur agrégée, régionale ou globale, de la vulnérabilité ou de l'adaptation. La « montée en échelle » signifierait ici de faire des comparaisons entre communautés

ou sociétés afin d'identifier leurs caractéristiques et celles de leur environnement qui contribuent à renforcer ou à modérer les vulnérabilités (i.e. à construire les capacités adaptatives) et les particularités des stratégies adaptatives qui sont effectives.

Une direction particulièrement intéressante prise par ces travaux appliqués aux processus d'adaptation est celle de l'« intégration » (« *mainstreaming* »), dont un des résultats fondamentaux mis en avant par ce type d'approche est qu'il est très peu probable qu'une quelconque action adaptative soit envisagée et mise en œuvre à la seule lumière du changement climatique (Huq et Reid, 2004 ; Handmer et *al*., 1999 ; Huq et *al*., 2003). Il existe de nombreux exemples de risques liés au changement climatique qui sont intégrés à des politiques, programmes ou processus de prise de décision liés à la gestion des ressources, des zones côtières, des risques, etc., au développement des communautés, à l'amélioration des moyens d'existence ou au développement durable. Les initiatives d'adaptation au changement climatique sont invariablement intégrées à d'autres programmes et visent souvent à améliorer les capacités adaptatives.

Pour une vision dynamique de l'adaptation au changement climatique comme résultat de l'exercice des capacités d'adaptation

Certaines questions essentielles se posent eu égard à l'adaptation entendue comme « *un ajustement des systèmes naturels et humains à un environnement nouveau et changeant* » (GIEC, 2001, 173) au sujet desquelles les recherches dans le domaine du changement climatique sont encore rares (Smit et Wandel, 2006), telles que : « Qu'est-ce qui peut être fait au niveau pratique ? », « Qui s'en chargera ? », « Comment cela sera-t-il mis en œuvre ? ».

La nature multiforme de l'adaptation

L'adaptation, qui consiste à opérer une multiplicité d'ajustements comportementaux, structurels ou technologiques, renvoie à la flexibilité du système qui lui permet de faire évoluer ses structures et ses modes de fonctionnement ainsi que ses stratégies de développement en fonction des perturbations qui surviennent. Suivant que ces perturbations sont ponctuelles (variabilité climatique) ou plus graduelles (changement climatique), différentes formes d'adaptation sont requises parmi la palette de mesures possibles (voir *Encadré 12. Exemples de différentes logiques d'adaptation* ci-dessous). Les mesures d'adaptation peuvent ainsi varier selon le moment d'intervention (anticipation ou réaction ; *ex ante* ou *ex post ;* mesures préventives ou correctives), leur portée temporelle ou spatiale (court ou long terme ; mesures locales ou régionales), leur intentionnalité (mesures politiques planifiées ou mesures indépendantes/spontanées/ autonomes ; passives ou actives), la réversibilité des actions (actions rapides et facilement modifiables ou actions inertes et irréversibles qui ne permettent pas un

remplacement prématuré) et les agents de l'adaptation (systèmes naturels ou collectivité humaine, acteurs publics ou privés) (Dumas, 2006, 31-35).

		réactif		anticipé
		spontané	conscient	conscient
privé	rapide et facilement modifiable	baisse relative d'une activité en raison d'une baisse de rentabilité	changement de la date des semis	augmentation des cotisations des assurances par anticipation
	inerte et irréversible	investissement dans les activité d'été dans les stations de ski en raison d'une baisse de rentabilité	diversification dans les stations de ski en raison de l'absence de neige, imputée au changement climatique	construction de nouveaux systèmes d'irrigation
public	rapide et facilement modifiable	mise en place de la climatisation dans un lieu public une année chaude	réglementation sur les zones inondables prise après une inondation	nouveaux plans de sécurité adoptés en anticipant une augmentation des événements extrêmes
	inerte et irréversible	changement de la réglementation concernant la construction en bord de mer sans référence au climat, uniquement parce que le niveau de la mer a monté	construction de digues après une inondation imputée au changement climatique	surélévation des voies de chemin de fer en raison d'une projection d'augmentation des inondations

Encadré 12. Exemples de différentes logiques d'adaptation
Source : Dumas, 2006, 34.

Parmi les multiples formes de l'adaptation, on distingue ainsi deux familles de mesures : celles prises avant l'observation d'impacts (mesures anticipatoires ou anticipatives) et celles prises après leur apparition (mesures réactionnelles ou réactives). Ces deux types d'action peuvent être planifiés, c'est-à-dire être le fruit de décisions politiques, alors que les mesures réactives peuvent aussi se manifester de manière spontanée, c'est-à-dire sans planification. L'adaptation planifiée est un processus itératif comprenant quatre étapes de base : le développement informationnel et la conscientisation ; la planification et la conception ; la mise en œuvre ; enfin, la surveillance et l'évaluation (Klein et *al*., 1999). Dans la plupart des cas, les mesures anticipatives qui ont été planifiées seront moins onéreuses à long terme et plus efficaces que les mesures réactives. En revanche, appliquer des mesures d'adaptation relatives à un avenir incertain peut présenter certains risques tels que les coûts de renonciation (i.e. l'utilisation de ressources qui deviennent indisponibles pour d'autres priorités concurrentielles) et la possibilité d'une « maladaption » (i.e. une adaptation inadéquate qui, au lieu de réduire la vulnérabilité, va l'accroître) (Mendelsohn, 2006).

Afin de parer aux évolutions du climat observées et prévues, les collectivités humaines peuvent mettre en œuvre des mesures d'adaptation très variées consistant en des changements de comportement, des modifications en matière d'opération, des interventions technologiques, de même qu'en la révision des pratiques d'aménagement et d'investissement ainsi que des législations et réglementations. Ces mesures vont de la modification des pratiques agricoles et des variétés cultivées à la construction de nouveaux réservoirs d'eau, l'utilisation rationnelle de l'eau, le changement des règles et normes de construction des bâtiments et des infrastructures, l'investissement dans l'isolation thermique ou la climatisation, la construction de digues ou l'aménagement de l'espace. L'ensemble des mesures d'adaptation peuvent être classées en plusieurs catégories générales et leurs combinaisons (voir *Encadré 13. Typologie des mesures d'adaptation*, ci-dessous), l'efficacité de ces stratégies, devant être conçues comme spécifique à une région, et comme étant fonction des conditions sociales et institutionnelles de la ville considérée (Barton et *al.,*1998 ; Prasad et *al.*, 2009). Outre les actions d'adaptation qui figurent dans l'encadré ci-dessous, une autre catégorie de mesure, appelée « restauration », a pu être avancée par le GIEC (Carter et al., 1994, IPCC Technical Guidelines) : « *La restauration, vise à rétablir un système dans ses conditions initiales suite à un dommage ou à une modification due au climat* ». Dans la perspective de l'adaptation conçue comme un processus d'apprentissage continu, la notion de restauration pourrait être considérée comme « maladaptative », si elle signifie un retour à un état préexistant. Une adaptation réussie suppose au contraire de réaliser des changements après un événement afin de réduire la vulnérabilité future.

Considérer une large gamme de champs d'intervention en matière d'adaptation invite également à préciser que les actions à mettre en œuvre peuvent l'être à de multiples échelles, de la petite action dans un quartier urbain ou sur quelques parcelles en culture, aux politiques nationales et internationales (agricoles, commerciales, climatiques…), en passant par la planification du redéploiement du développement de territoires locaux à régionaux (réorientations économiques, dynamiques périurbaines, préservation de zones écologiques, utilisation d'énergies renouvelables…). On retrouve là le rapport à double sens entre lutte contre le changement climatique et développement durable. Cela sous-entend également que tous les acteurs sont concernés par l'adaptation : les particuliers, les organisations, les entreprises, et tous les ordres de gouvernement, participent à faciliter l'adaptation de même qu'à choisir et à appliquer des mesures spécifiques d'adaptation. Un des rôles des gouvernements nationaux est, par exemple, d'établir des cadres d'action ainsi que de fournir des renseignements et des outils susceptibles de promouvoir les mesures d'adaptation (Stern, 2006). Adoptant une posture optimiste, on peut voir en cette complexité une démultiplication des points d'appui pour mettre en œuvre l'adaptation (par la multitude d'actions et d'acteurs) (Magnan et *al.*, 2009, 37).

Les mesures d'adaptation peuvent consister à :

- ***Supporter les pertes*** : toutes les mesures d'adaptation peuvent être appréciées en référence à une attitude consistant à « ne rien faire » sauf subir ou accepter les pertes ; c'est le cas lorsque les victimes n'ont aucune alternative à leur disposition (groupe de populations extrêmement démunies par exemple) ou lorsque les mesures d'adaptation sont jugés trop coûteuses par rapport au risque ou aux atteintes prévues.

- ***Partager les pertes*** : ce type de mesure, à laquelle ont recourt les sociétés traditionnelles comme les sociétés plus complexes, technologiquement avancées, consiste à répartir les pertes entre les membres de la collectivité. Dans les sociétés traditionnelles, existent nombre de mécanismes de mutualisation des pertes au sein d'un groupe plus vaste (famille élargie, village ou petite collectivité comparable), tandis que, à l'autre bout du spectre, les grandes collectivités partagent les pertes par le biais de secours et d'opérations de remise en état et de reconstruction financées par des fonds publics ; la mutualisation des pertes peut aussi passer par l'assurance.

- ***Modifier la menace*** : face à certains risques, il est possible de contrôler à un certain degré la menace elle-même. S'il s'agit d'un risque « naturel », tel qu'une inondation ou un épisode de sécheresse, les mesures englobent la construction d'ouvrages de protection (barrages, digues, levées de terre…). En ce qui concerne les changements climatiques, la principale option de ce type consiste à ralentir le rythme des changements climatiques (en réduisant par exemple le niveau des émissions de GES) et, éventuellement à terme, à stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère. Dans le langage de la CCNUCC de telles mesures sont désignées sous le terme d'atténuation des changements climatiques et sont considérées comme étant dans une autre catégorie de réponse que les mesures d'adaptation.

- ***Prévenir les effets*** : une série de mesures d'adaptation fréquemment utilisées consiste à prévenir les effets des changements et de la variabilité climatiques. Parmi la panoplie de mesures de ce type, on peut mentionner, dans le secteur agricole, la modification des pratiques culturales (augmentation des volumes d'eau d'irrigation ou des apports d'engrais, lutte contre les ravageurs ou les maladies…).

- ***Changer l'utilisation*** : là où la menace de changement climatique rend la poursuite d'une activité économique impossible ou extrêmement aléatoire, une modification dans l'utilisation des ressources peut être envisagé. Des terres cultivées peuvent être réaffectées aux pâturages ou aux forêts ou à des services d'aménités (activités récréatives, réserves d'espèces ou parcs naturels…).

- ***Favoriser la diversification*** : ce type de mesures renvoie au partage des risques entre actifs et ressources des ménages et des collectivités. Certaines stratégies d'adaptation incluent des plans de développement urbain avec une utilisation des terres variée afin que la communauté dispose d'un mix en matière d'arrière-plan économique, d'activités commerciales et d'opportunités d'emplois.

- ***Mettre en réserve*** : les stratégies de mise en réserve se réfèrent au partage des risques dans le temps et sont applicables aux ménages individuels comme aux communautés ; si une infrastructure urbaine adéquate de haute qualité est fournie à une collectivité, le besoin de mise en réserve peut être substantiellement réduit. La mise en réserve est la plus utile pour répondre à la rareté alimentaire ou en eau, comme contrecoup immédiat d'un désastre. Différentes bonnes pratiques existent pour la mise en réserve comme la provision d'une autonomie alimentaire de 72 heures par famille dans les plans de gestion des catastrophes de certaines villes.

- ***Mettre en commun*** : les stratégies de ce type se réfèrent à la mise en commun des actifs et des ressources, au partage des revenus issus de certaines activités entre les ménages, ou la mobilisation de l'usage des ressources collectives aux périodes de rareté. La mise en commun distribue les risques entre les ménages. Elle peut prendre place à travers une meilleure interaction entre les différentes parties-prenantes ou communautés susceptibles d'être affectées par un désastre. Les programmes de mise en commun les plus répandus sont ceux qui visent à développer des groupes de solidarité au niveau de la communauté ou des groupes d'auto-soutien. Les programmes de micro-finance qui mettent en commun les ressources de la communauté et offre un soutien sur la base des besoins sont un autre exemple d'adaptation de ce type.

- ***Promouvoir l'échange*** : cette réponse d'adaptation (la plus versatile) est très importante pour les aires urbaines. L'échange et les mécanismes de marché, formels ou informels, sont critiques pour le développement économique des villes. L'adaptation inclut la fourniture d'un accès à des marchés améliorés et renouvelés par la communauté. Les programmes qui offrent la garantie de prendre en compte les bâtiments susceptibles d'être endommagés par des tremblements de terre ou des inondations sont des exemples de pratiques d'adaptation fondées sur les mécanismes de marché ; ces approches autorisent les villes à monétiser leurs actifs qui peuvent alors être utilisés pour obtenir des ressources afin de mettre en œuvre des programmes de développement et de gestion des risques.

- ***Prendre des mesures de déplacement*** : la ***mobilité*** est la réponse la plus courante en matière d'adaptation, comme par exemple la relocalisation d'une population vulnérable en dehors des plaines inondables et des pentes sujettes à glissements de terrains. La mobilité, lorsqu'elle n'est planifiée comme un élément d'une stratégie d'adaptation peut avoir des conséquences sociales extrêmement néfastes en raison de l'instabilité sociale et politique concomitante (par exemple, lorsque les personnes sont obligées de se relocaliser en dehors de leur moyens d'existence et de leur système de solidarité sociale, ou quand elles sont indésirées dans leur nouveau voisinage). Le changement d'implantation des activités économiques fait aussi partie de ce type de stratégie d'adaptation, comme, par exemple, le déplacement de certaines cultures situées dans des zones de plus en plus chaudes et arides vers des zones plus tempérées.

- ***Encourager l'évolution des comportements :*** ce type de stratégie consiste à diffuser des connaissances par l'éducation et les campagnes publiques d'information ou à modifier les réglementations de façon à faire évoluer les comportements. Ces activités, guère reconnues et jugées peu prioritaires jusqu'à présent, pourraient prendre plus d'ampleur à l'avenir, à mesure qu'apparaît la nécessité d'associer plus d'acteurs, de secteurs et de régions aux stratégies d'adaptations.

Encadré 13. Typologie des mesures d'adaptation,
Source : d'après Barton et *al.,*1998 ; Prasad et *al.*, 2009

Dans sa phase de mise en œuvre (élaboration d'une stratégie, identification d'actions concrètes…), l'adaptation est un processus de décision et d'intervention spécifique à un territoire donné, donc indirectement à un ou des acteur(s) donné(s) qui évolue(nt) dans un contexte particulier marqué par des menaces et opportunités propres. Il n'existe pas de processus unique de gestion du risque climatique, ni d'ailleurs de solutions génériques qui puissent être appliquées quels que soient les contextes. Cela invite notamment à considérer avec précaution les expériences de « bonnes pratiques » qui, bien que séduisantes *a priori*, masquent souvent l'importance considérable des combinaisons de facteurs spécifiques au cas étudié dans la réussite même d'un projet. Ainsi, le biais consiste la plupart du temps à considérer ces expériences comme des « recettes » transposables en l'état, plutôt que comme de simples exemples de mise en application de principes généraux (Magnan et *al*., 2009, 38).

Les liens complexes entre adaptation et capacité d'adaptation

S'il convient de faire la différence entre les termes « adaptation » et « capacité d'adaptation », comme cela se fait dans la littérature académique sur le changement climatique, ils n'en sont pas moins étroitement liés. Certains auteurs considèrent qu'un système disposant de multiples options d'adaptation a généralement une plus grande capacité adaptative qu'un système n'en ayant que peu ou pas du tout (Yohe et Tol, 2002). La capacité adaptative, qui peut être définie comme l'aptitude à planifier, à se préparer à, à faciliter et à mettre en œuvre des options d'adaptation, est vue par d'autres comme un potentiel d'adaptation ; lorsqu'elle est utilisée à cette fin la vulnérabilité s'en trouve réduite (Brooks, 2003). La capacité adaptative est une caractéristique d'un système qui indique son aptitude à s'adapter efficacement au changement. Un système doté d'une grande capacité adaptative serait capable de faire face aux changements du climat, et peut être même d'en tirer profit alors qu'un système doté d'une faible capacité adaptative serait plus susceptible de souffrir des mêmes changements. Les facteurs qui déterminent la capacité adaptative d'un système (pays ou communauté) face à un aléa incluent la richesse économique, les technologies et les infrastructures, l'information, les connaissances et les savoirs dont il dispose, de la nature de ses institutions, de son engagement à l'équité et de son capital social (Smit et *al*., 2001). Par conséquent, il n'est pas étonnant que l'on considère généralement que la plupart des villes des pays industrialisés possèdent une plus grande capacité adaptative que celles des PED, même si la réalité des liens entre niveau de développement (local) et capacité adaptative est bien plus complexe que cela (voir *infra*, 2e partie du rapport), d'autant que celle-ci, multidimensionnelle et essentiellement qualitative, est difficile à mesurer[54]. Augmenter la capacité d'adaptation permet de réduire les facteurs de stress dont la

[54] Des indicateurs indirects, tels que le revenu par habitant, le niveau d'éducation ou la densité de la population, ont été utilisés pour apprécier certains déterminants (Yohe et Tol, 2002), mais d'autres sont beaucoup plus complexes à évaluer. En outre, même si c'est au

vulnérabilité au climat actuel et futur. Or, les objectifs de l'adaptation visent essentiellement à atténuer les impacts climatiques actuels et futurs (Füssel et Klein, 2006) en agissant sur les vulnérabilités, soit en s'attachant à réduire l'exposition et la sensibilité du système urbain aux effets néfastes des aléas climatiques, soit en accroissant la résilience aux facteurs de stress d'ordre climatique et non climatique, autrement dit en améliorant la capacité d'adaptation. Plus précisément, l'amélioration de la capacité adaptative fait partie des stratégies d'adaptation (Brooks et *al.*, 2005) de type « sans regrets » qui offrent des avantages quels que soient les changements à venir du climat. Les stratégies visant à améliorer la capacité d'adaptation sont donc un bon moyen de passer à l'action malgré les incertitudes entourant les prévisions climatiques (Smit et Pilifosova, 2003).

Toutefois, lorsque l'on se penche sur la capacité d'adaptation, il convient de se poser deux questions : la capacité d'adaptation de quoi ? et à quoi ? (Smit et *al.*, 1999). Cela ne fait guère de sens de parler de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation d'un système sans spécifier le danger ou l'aléa auquel il est vulnérable et doit s'adapter, étant entendu qu'il peut avoir la capacité de s'adapter à certains types de dangers, mais pas à d'autres. On peut, par exemple, s'intéresser à la capacité d'adaptation d'un système urbain à un climat plus aride ou à des vagues de chaleur plus fréquentes ou à des épisodes de précipitations extrêmes plus intenses (accroissant d'autant les risques d'inondation) qui peuvent représenter des manifestations différentes du changement climatique. Un système peut avoir la capacité de s'adapter à certains types de dangers mais pas à d'autres. A partir du moment où l'on accepte l'idée que le risque, la vulnérabilité et la capacité d'adaptation sont spécifiques à un aléa (« *hazard-specific* ») (Brooks, 2003, 11), il faut alors reconnaître qu'il existe plusieurs sortes d'aléas climatiques, opérant sur une variété d'échelles temporelles différentes et requérant une variété de réponses d'adaptation. Trois grandes catégories d'aléas climatiques peuvent être distinguées :

- Catégorie 1: les aléas discrets et récurrents comme dans le cas des phénomènes passagers ou éphémères tels que les tempêtes, les inondations et les précipitations intenses ;
- Catégorie 2: les aléas continus comme, par exemple, les augmentations de températures moyennes ou les diminutions de précipitations moyennes se produisant sur beaucoup d'années ou des décennies (tels que le renforcement anthropogénique de l'effet de serre ou la dessiccation endurée au Sahel au cours des dernières décennies du 20e siècle) (Hulme, 1996 ; Adger et Brooks, 2003).
- Catégorie 3: les aléas discrets et singuliers, qui correspondent à des seuils de rupture ou de bifurcation comme, par exemple, les modifications dans les régimes climatiques associés à des changements dans la circulation océanique ; les données paléoclimatiques fournissent de

niveau local que la capacité d'adaptation prend tout son sens, compte tenu des données disponibles, elle n'est le plus souvent évaluée qu'aux niveaux national ou régional (*ibid*).

nombreux exemples de changements climatiques abrupts associés à l'apparition de nouvelles conditions climatiques par rapport à celles qui ont prévalu pendant des siècles ou des millénaires (Roberts, 1998 ; Cullen et *al*., 2000 ; Adger et Brooks, 2003).

Dans la mesure où la capacité d'adaptation représente une adaptation potentielle plutôt qu'effective[55], un niveau élevé de capacité adaptative ne fait que réduire la vulnérabilité d'un système à des aléas devant se produire dans le futur (en accordant du temps au système pour s'adapter d'une manière anticipatrice) ou à des aléas qui impliquent des changements lents sur des périodes relativement longues auxquels le système peut s'adapter de manière réactive. En d'autres termes, la capacité adaptative est un déterminant de la vulnérabilité présente aux aléas de Catégorie 2 et de la vulnérabilité future aux aléas anticipés de Catégorie 1 et 3. Les dommages causés à un système par des événements discrets tels que des tempêtes ou des inondations se produisant demain ne seraient pas une fonction de l'aptitude du système à poursuivre de futures stratégies d'adaptation – ce sont les adaptations existantes résultant de la réalisation passée de la capacité adaptative qui déterminent les niveaux actuels de vulnérabilité. Cependant, la vulnérabilité d'un système à des changements plus graduels et de long terme sera une fonction de son aptitude à s'adapter de manière incrémentale et appropriée et sa vulnérabilité à des aléas discrets se produisant dans le futur sera fonction de son aptitude à anticiper et à préempter ces aléas *via* des stratégies d'adaptation planifiée appropriées. Le taux auquel le risque (ou vulnérabilité biophysique) associé à un type spécifique d'aléa est réduit (ou accru) dépendra de l'échelle de temps associée à la mise en œuvre de mesures d'adaptation (i.e. la « transformation » de la capacité adaptative en adaptation effective) et également de celle associée à l'évolution ou l'occurrence de l'aléa en question (dans le cas d'un changement climatique à l'échelle planétaire cette dernière sera influencée par les trajectoires de développement planétaires et de l'intensité avec laquelle l'atténuation sera poursuivie). En d'autres termes, la question qui se pose est de savoir si un système est à même de mettre en œuvre les mesures d'adaptation nécessaires pendant le temps dont il dispose afin de réduire le risque à un niveau défini (de manière subjective) comme acceptable.

L'adaptation en tant qu'*état* fait référence cette fois aux *formes* matérialisées (des projets, des groupements associatifs, un plan national d'adaptation…) ou non (un mouvement d'idées, une évolution de pratiques…) que revêt l'adaptation sur le terrain, dans diverses sphères et à différentes échelles spatiales. L'adaptation comme *état* traduit le fait d'être ou non adapté à l'environnement naturel et humain à un moment donné. Par conséquent, s'il est possible de dire qu'une société est adaptée (ou non) à la variabilité climatique actuelle, il est en revanche *a priori* impossible de dresser ce constat au regard du changement climatique qui est l'expression de conditions nécessairement

[55] L'adaptation ne survient pas instantanément ; un système a besoin de temps pour transformer sa capacité adaptative en adaptation.

changeantes et non précisément connues par avance : « *La mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité face aux aléas climatiques soulève de multiples questionnements quant à leur degré de pertinence et d'efficacité puisque nos villes sont déjà conçues pour faire face à des variations climatiques à l'intérieur de certains seuils. La variabilité des précipitations, des épisodes de chaleur ou de verglas, de l'intensité des tempêtes ainsi que des transformations des écosystèmes urbains sont, dans une certaine mesure, déjà prises en compte. En revanche, les situations extrêmes – au-delà des seuils déterminés – peuvent engendrer des pertes humaines ou des coûts sociaux et économiques qui se résumeraient en des bilans accablants* (Simonet, 2010) ». Dès lors, une société adaptée aux conditions climatiques à un moment donné pourra ne plus l'être à un moment ultérieur (et *vice versa*). Ces variations de l'état d'adaptation reposent justement sur la capacité adaptative de cette société et sur son aptitude à les faire évoluer. Ainsi, ce n'est qu'avec le recul de l'histoire que l'on pourra apprécier si la société a su maintenir son état d'adaptation dans le temps, si elle s'est révélée adaptée ou non sur le temps long, ce qui d'ailleurs renvoie à l'idée de mécanismes évolutifs d'adaptation, donc à la dimension processus (Magnan, 2009, 25-26).

Conformément au caractère global et systémique de l'adaptation, la dimension processus, qui renvoie aux mécanismes et aux logiques propres au système expliquant l'évolution des configurations de l'adaptation sous diverses formes (projets, programmes, politiques), intègre les dynamiques à la fois environnementales et anthropiques du territoire analysé. Le *processus* d'adaptation, qui s'exprime à diverses échelles spatiales et temporelles, repose sur les facteurs qui influencent la capacité adaptative du système et sur leurs interactions. Enfin, la dimension *processus* fait par ailleurs spécifiquement référence à l'idée d'évolution des schémas de développement à promouvoir. La notion de flexibilité des stratégies apparaît ici qui, étant au cœur de la capacité du système à s'adapter, façonne l'adaptabilité de ce dernier à un contexte changeant, notamment sous l'impulsion du changement climatique (Magnan, 2009, 25).

Enfin, une troisième dimension se réfère à l'adaptation en tant que *stratégie*, c'est-à-dire une manière d'organiser l'action en vue d'un objectif spécifique, renvoyant ainsi à une intention d'agir au travers de modes de gestion des territoires et des sociétés, de la planification du développement, etc., et à une notion d'anticipation et de prise en compte des enjeux présents et à venir. L'adaptation entendue comme une *stratégie,* qui renvoie là aussi nécessairement à l'aspect évolutif, suppose de considérer ensemble différentes échelles temporelles et spatiales (Magnan, 2009, 26). L'adaptation revêt, par conséquent, une triple dimension en ce qu'elle se réfère à la fois à un *processus*, un *état* et une *stratégie* (Magnan, 2009) : « *Si l'adaptation en tant que processus traduit le fait d'être ou non en train de s'adapter, l'adaptation comme état traduit celui d'être ou non adapté, et l'adaptation comme stratégie celui de vouloir ou non s'adapter* (*Ibid*, 25) ».

En réalité, ces trois dimensions de l'adaptation, qui entretiennent des relations de causalité, s'articulent donc plus qu'elles ne se distinguent ; toutefois, l'intérêt d'opérer cette distinction quelque peu artificielle tient à ce que les différentes parties prenantes abordent la question de l'adaptation au travers de leur propre filtre culturel, mettant généralement l'accent sur l'une des trois dimensions identifiées, mais rarement sur les trois à la fois.

Ce projet de recherche repose sur une conception à la fois dynamique et globale de l'adaptation au changement climatique. Dynamique, d'abord, parce que l'adaptation ne doit pas être entendue comme un objectif idéal aux contours fixes et qu'il faudrait construire et atteindre sur une période de temps relativement longue (échelle de plusieurs décennies), mais davantage comme un état progressif et qui ne sera jamais stabilisé. L'adaptation suppose en effet un jeu d'équilibre entre les éléments qui caractérisent un système – pour nous un territoire – et également avec ceux qui définissent son environnement. Or, l'état stabilisé d'un système à un moment donné implique fatalement une évolution de ce dernier, de même que les conditions environnantes sont nécessairement changeantes. Si bien que cette notion d'équilibre ne peut elle-même qu'être évolutive, ce qui explique qu'il ne peut y avoir d'adaptation que dynamique et, au-delà, que cette aptitude à évoluer en permanence est au cœur même du défi climatique. D'un autre côté, l'équilibre nécessaire à la qualification d'un degré d'adaptation suppose une appréhension large des déterminants qui favorisent ou contraignent la réalisation de cet équilibre. Il convient dès lors de tenir compte à la fois de caractéristiques environnementales et anthropiques et ce, dans divers domaines (économique, socioculturel, politique…). C'est pourquoi aborder le thème de l'adaptation au changement climatique (comme ceux de la vulnérabilité ou de la résilience) impose indiscutablement une approche globale et systémique des objets d'étude.

Conformément à notre vision dynamique de l'adaptation, le croisement des dimensions *processus/état/stratégie* introduit l'idée de *trajectoire d'adaptation*. On entend par *trajectoire d'adaptation* le cheminement suivant lequel un territoire (quelle que soit l'échelle spatiale considérée) tente de s'adapter au changement climatique (variabilité climatique comprise). La notion de trajectoire souligne l'impératif de penser les stratégies d'adaptation de manière dynamique et surtout pas fixiste. C'est-à-dire que plutôt que de chercher à déterminer aujourd'hui des formes d'adaptation qui répondront aux enjeux d'avenir sans avoir à être modifiées, mieux vaut selon le principe des trajectoires d'adaptation tenter d'identifier de grandes lignes de conduite offrant une grande souplesse – idée de flexibilité – du point de vue de la mise en œuvre de l'adaptation. Il nous paraît en effet plus pertinent aujourd'hui de construire des *stratégies* solides d'adaptation qui reposent sur une bonne maîtrise du *processus* d'adaptation, plutôt que de seulement construire des visions idéales de l'avenir (l'*état* « suprême » d'adaptation) sans savoir comment les atteindre. Ainsi,

compte tenu du fait que les trois dimensions présentées ci-dessus se recoupent pour caractériser l'adaptation, et si l'on convient que derrière le terme adaptation se trouve l'idée de trajectoire d'adaptation, alors on peut admettre que pour un système donné, la *trajectoire d'adaptation* est une fonction croisée du *processus* d'adaptation, des *états* successifs d'adaptation et des *stratégies* développées. Avec l'idée de *trajectoire d'adaptation*, on insiste donc sur la nécessité de se concentrer plus sur le mouvement que sur le résultat final, lequel ne peut par ailleurs pas être clairement identifié puisque, par définition, l'avenir est incertain. De même qu'elle renvoie à l'idée déjà évoquée qu'une solution d'adaptation à un moment donné peut constituer une maladaptation sur un temps plus long et donc qu'elle ne peut réellement participer de l'adaptation d'un territoire sur le temps long que si elle constitue une partie d'une chaîne plus ambitieuse de politiques et d'actions. Or, c'est cette chaîne qui construit progressivement la trajectoire d'adaptation du territoire considéré. Notons au passage que cette conception dynamique répond directement au problème de l'utilisation (in)consciente des incertitudes climatiques comme alibis à l'inaction sur lequel nous revendrons dans la 2e partie de ce rapport.

II. Les villes comme systèmes complexes vulnérables, résilients et adaptatifs au changement climatique

> « *La globalisation a rendu l'environnement terrestre et l'environnement urbain interdépendants. Les coûts exportés sur la vie ou la qualité de vie des « autres » dans l'espace et dans le temps, sont bien au centre du défi d'une durabilité urbaine* ».
>
> Cyria Emélianoff, 2010, La ville durable, 181.

Après nous être attachés à définir et à caractériser les notions interdisciplinaires et transversales fortement débattues de vulnérabilité, résilience, et adaptation, il s'agit dans cette seconde partie de progresser plus avant dans la compréhension des impacts du changement climatique sur les systèmes anthropisés et dans l'identification des facteurs qui déterminent la capacité de réponse des sociétés urbaines face à ce « méta-risque ». Pour ce faire, nous nous proposons d'explorer la façon dont les effets localisés du changement climatique se combinent sur les territoires aux autres dysfonctionnements, tensions et dégradations… et aux processus sociopolitiques pour donner aux politiques urbaines durables un caractère plus ou moins effectif, et en faire ou non un facteur d'accentuation de la vulnérabilité urbaine face aux risques climatiques. L'enjeu est de voir comment les villes, au-delà de l'affichage politique des effets en retour de l'urbanisation sur elle-même, à savoir la mise en œuvre de politiques qui se réclament du développement durable et de la lutte contre le changement climatique, peuvent produire effectivement les conditions de leurs propres évolutions dans le sens d'une résilience/adaptation proactive accrue pour éviter de futures catastrophes.

II.1. Réinterprétation systémique du couple vulnérabilité/adaptation urbaine au changement climatique

Le passage de la notion de vulnérabilité du champ de la recherche à celui de l'action, du statut de catégorie d'analyse à celui de catégorie pratique par le biais de politiques ou de programmes mis en place par des acteurs privés afin de l'enrayer, n'est pas sans conséquences (Revet, 2009) : en permettant de définir des situations dans lesquelles des personnes ou des groupes, des infrastructures ou des territoires sont jugés menacés et incapables de faire face à un danger ou un aléa, la notion de vulnérabilité appelle des interventions dont la justification est contenue dans la notion elle-même, avec un résultat sous forme de paradoxe : « *davantage de connaissances et davantage de dégâts* » (Weichselgartner, 2004, 212). C'est là un véritable défi pour la recherche dans la mesure où il ne s'agit pas uniquement, en réponse à la demande sociale, de définir des facteurs de vulnérabilité sur

lesquels agir au sein d'un territoire donné mais de proposer un cadre d'analyse à plus long terme qui mette en lumière ce que les réponses des différents acteurs locaux produisent en termes de vulnérabilité.

L'étude approfondie du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique, impliquant par essence des phénomènes complexes à la fois biophysiques et sociétaux étroitement interdépendants, incite ainsi que nous l'avons précédemment souligné (cf. première partie du rapport), à une réelle interdisciplinarité convoquant à la fois les sciences naturelles et physiques et les sciences humaines et sociales ; elle invite également à privilégier une approche systémique du fonctionnement de la ville axée sur l'analyse des relations entre ses différentes composantes dont on pressent qu'elles seront à l'origine des facteurs de vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique. Cette approche interdisciplinaire systémique nous est apparue comme le cadre théorique le plus adapté à la problématique posée : comprendre la complexité des interactions entre les systèmes urbains et le changement climatique afin de mieux cerner les relations apparemment incompatibles entre risques, catastrophes et développement durable qui, ensemble, « *tissent une trame complexe* » (Mancebo, 2007) ; cette préoccupation renvoie peu ou prou à la question de la vulnérabilité urbaine et aux moyens de la combattre dans un contexte d'incertitude qui se manifeste à plusieurs égards.

II.1.1. Les pyramides inversées ou la double interprétation statique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique

De la revue de la littérature existante, il ressort qu'une double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation coexiste au sein de la communauté scientifique (ou même politique qui s'en inspire) préoccupée par le changement climatique et les effets qu'il est susceptible de produire sur les sociétés humaines (Quenault et Bertrand, 2010). Suivant que l'accent est mis sur l'une ou l'autre des composantes des risques, à savoir l'aléa ou la vulnérabilité, on trouve deux types d'approches fondées sur des relations de causalité linéaire sous-jacentes inversées entre vulnérabilité et adaptation au changement climatique, que l'on peut schématiquement représenter par des pyramides inversées (voir *Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique* ci-dessous).

L'interprétation « descendante »/« ascendante » du couple vulnérabilité/adaptation ou la vulnérabilité comme « point d'arrivée »/« point de départ »

D'un côté, on trouve l'interprétation « descendante » du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique qui considère la vulnérabilité comme étant le « point d'arrivée » d'une relation de causalité linéaire qui ferait passer des actions d'adaptation mises en œuvre à la

vulnérabilité du système étudié (cf. pyramide grise en pointillé de la *Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique*, ci-dessous).

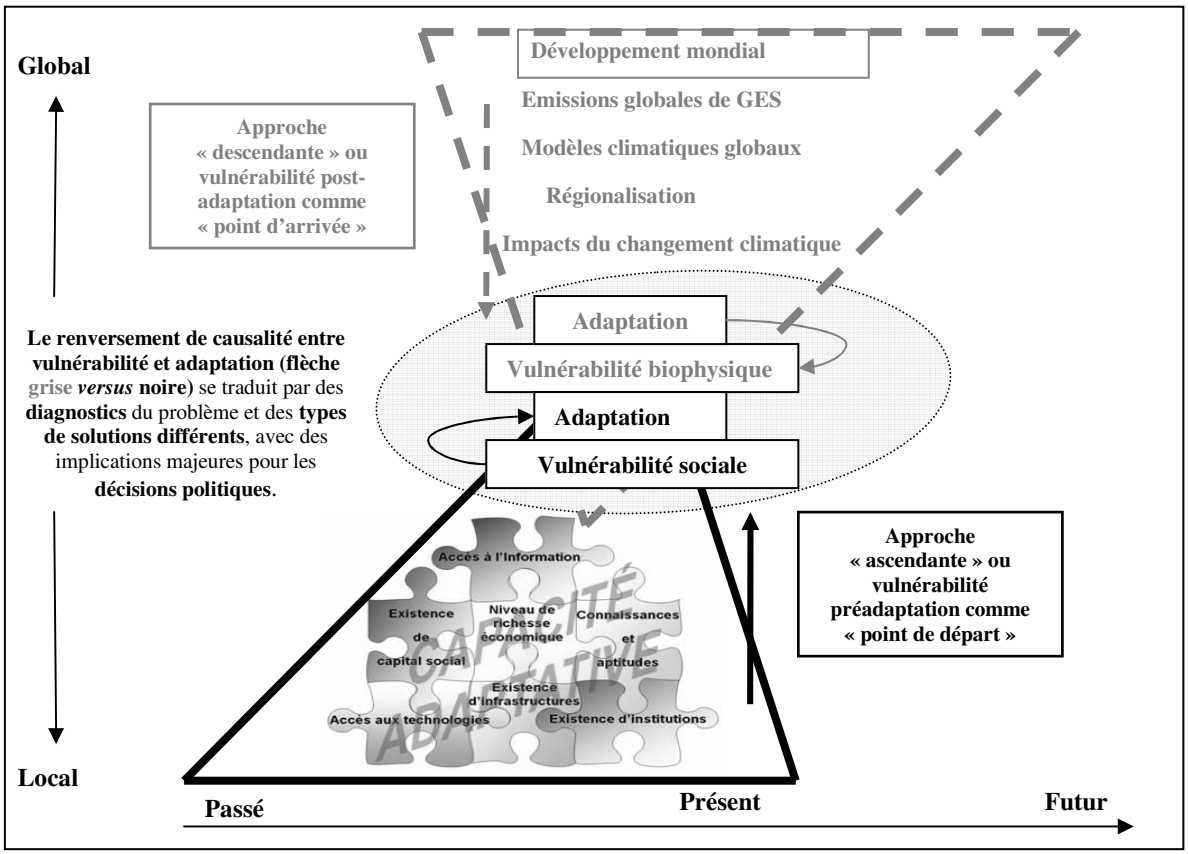


Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique
Source : Quenault et *al.,* 2011, schéma inspiré de O'Brien (2002) et Simonet (2010)

Cette première interprétation reflète les approches « aléa-centrées » du risque climatique développées par les « sciences du climat » qui se fondent sur une modélisation climatologique partant du système économique et climatique planétaire pour aller vers une régionalisation/localisation des impacts (en allant, suivant l'axe vertical du schéma, du global vers le local). Cette vision met l'accent sur les impacts climatiques dont découlent les actions d'adaptation qui déterminent en dernier ressort la vulnérabilité conçue comme le résidu des impacts du changement climatique une fois l'adaptation mise en œuvre (vulnérabilité post-adaptation). Dans cette première vision, la capacité d'adaptation détermine l'étendue de la vulnérabilité essentiellement biophysique et future (d'où l'étirement, sur la *Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique*, de la pyramide descendante sur l'axe du temps, du présent vers le futur[56]). La vulnérabilité est alors un moyen de

[56] Précisons que l'axe de temps permet de voir à quel type de vulnérabilité, passée, présente ou future, répondent les mesures d'adaptations envisagées par les deux interprétations ; il ne s'agit pas de l'axe chronologique d'apparition ou de développement de chacune des deux approches théoriques.

définir l'étendue du problème climatique et de fournir des *inputs* dans les décisions politiques au regard des coûts respectifs du changement climatique et ceux des efforts d'atténuation (Kelly et Adger, 2000), bien que la comparabilité des coûts de l'atténuation avec ceux de l'atténuation soit éthiquement très discutable, et soit d'ailleurs très discutée par les économistes (Godard, 2009).

De l'autre côté, on trouve l'approche « ascendante » du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique qui considère, à l'inverse de l'approche précédente, la vulnérabilité comme étant le « point de départ » d'une autre causalité linéaire sous-jacente qui ferait passer de la vulnérabilité à l'adaptation (cf. pyramide noire de la *Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique* ci-dessus) ; elle reflète les approches plus « sociétales » des facteurs de vulnérabilité élaborées par les sciences humaines et sociales (SHS) ou les approches socio-écologiques systémiques, partant du local. Cette seconde interprétation conçoit la vulnérabilité comme une caractéristique générale intrinsèque d'un système, générée par de multiples facteurs et processus (environnementaux, géographiques, biophysiques, socio-économiques, politiques, culturels…), propriété qui préexiste à l'aléa et se trouve exacerbée par le changement climatique (vulnérabilité préadaptation) ; la vulnérabilité représente une inaptitude actuelle à faire face à des conditions climatiques changeantes, une prédisposition du système (urbain) à être affecté ou endommagé par les impacts du changement climatique. Dans ce cas, la vulnérabilité offre un moyen de comprendre l'inégale répartition des impacts, les causes et les structures sous-jacentes à la vulnérabilité (elle aussi inégalement distribuée), pré-requis essentiels pour identifier et prendre les actions permettant de réduire la vulnérabilité, d'accroitre la capacité adaptative ou d'éclairer les options et contraintes d'adaptation (Kelly et Adger, 2000). Dans cette vision, fondée sur l'hypothèse que répondre à la vulnérabilité présente réduira la vulnérabilité face aux conditions climatiques futures (Burton et *al*., 2002) (ce qui fait que, sur la *Figure 34. Les pyramides inversées ou la double interprétation du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique* , la pyramide ascendante s'étend du passé au présent plutôt que vers le futur), c'est la vulnérabilité qui détermine la capacité adaptative et donc les adaptations (et non l'inverse).

Les conséquences de ces différences d'interprétation du couple vulnérabilité/adaptation

Les différences entre ces deux interprétations du couple vulnérabilité/adaptation (vulnérabilité post-adaptation *versus* pré-adaptation) s'expliquent largement par leurs contextes d'arrière-plans et par les objectifs de recherche différents dont elles émanent. L'approche du « point d'arrivée » tire son origine de l'objectif de quantification de la vulnérabilité au changement climatique à partir de l'ampleur anticipée du phénomène et des coûts respectifs estimés des impacts et ceux de l'atténuation des émissions de GES. Compte tenu de ces préoccupations, la vulnérabilité biophysique a le plus

souvent focalisé l'attention, les plus vulnérables étant considérés comme ceux vivant dans les environnements physiques les plus précaires ou dans les lieux susceptibles de subir les changements physiques les plus importants (Liverman, 2001). Reconnaissant toutefois que les impacts ne pouvaient pas être bien quantifiés par la seule prise en compte des facteurs biophysiques, les facteurs sociaux et économiques ont été inclus de manière croissante dans ce type d'approches, ou à tout le moins reconnus comme représentant la prochaine étape dans le développement de modèles d'évaluation intégrés de la vulnérabilité (Tol et Fankhauser, 1998). Quantifier la vulnérabilité sociale pose de plus grandes difficultés mais demeure un objectif des recherches sur les impacts climatiques (Luers et *al*., 2003).

L'interprétation du « point de départ » tire quant à elle ses origines des évaluations de la vulnérabilité sociale avec pour objectif d'identifier le caractère, la distribution et les causes de celle-ci tout en cherchant à déterminer les individus vulnérables au changement climatique, les raisons de leur vulnérabilité et les moyens de la réduire. Beaucoup d'études dans ce domaine se fondent sur la littérature relative aux dotations au regard de l'accès aux ressources, à l'économie politique pour expliquer les facteurs conduisant à la vulnérabilité, et au capital social comme un moyen de réclamer des dotations et de pouvoir continuer à faire face (Sen, 1981; Downing et *al*., 1995; Kelly et Adger, 2000; Adger, 2003 a, b). Les études de vulnérabilité sociale se focalisent également sur les stratégies locales de moyens d'existence et sur les manières de les sécuriser dans des environnements physiques et socio-économiques dynamiques (Christoplos et *al.*, 2001, Eriksen et Næss, 2003). Il a également été reconnu que les conditions biophysiques influencent la vulnérabilité et que les changements environnementaux comme sociaux sont liés au sein de systèmes humains-écologiques couplés (Turner et *al*., 2003). La question essentielle de ce type d'approche réside dans l'appréhension du caractère dynamique de la vulnérabilité soumise à un flux continu de changements à mesure que les processus biophysiques et sociaux qui forment les conditions locales et la capacité de réponse évoluent eux aussi (Handmer et *al*. 1999; Leichenko et O'Brien, 2002). Cela est en fort contraste avec les approches de la vulnérabilité comme « point d'arrivée » qui s'appuient le plus souvent sur des quantifications statiques de celle-ci reflétant la différence nette entre les impacts et l'adaptation.

Cependant, la différence principale entre ces deux approches réside dans leur positionnement respectif eu égard à l'adaptation. Dans le premier cas, celui de la vulnérabilité comme « point d'arrivée », ce sont les adaptations et la capacité adaptative qui déterminent la vulnérabilité alors que dans l'approche du « point de départ », c'est la vulnérabilité qui détermine la capacité adaptative et, par conséquent, les adaptations. Ce renversement de causalité entre vulnérabilité et adaptation se traduit non seulement par des diagnostics du problème mais aussi et surtout par des types de solutions différents, avec des implications majeures quant à la manière dont les décideurs politiques envisagent

de relever le défi climatique. Au sein de l'interprétation du « point d'arrivée », la capacité adaptative, qui est déterminée par les caractéristiques des communautés, des pays et des régions qui influencent leur propension ou leur aptitude à s'adapter (GIEC, 2001, 18), et se réfère aux adaptations et à la vulnérabilité future (Brooks, 2003), est utilisée comme une mesure du succès avec lequel les adaptations technologiques au changement climatique peuvent être adoptées ou mises en œuvre. Cette vision fait du changement climatique le principal problème et propose des solutions qui comprennent les réductions d'émissions de GES et la réduction de la sensibilité de divers systèmes et secteurs économiques, sociaux et environnementaux à des changements projetés de paramètres climatiques particuliers. Dans le cadre de l'interprétation du « point de départ », la capacité adaptative, rattachée à la vulnérabilité actuelle (Burton et *al*., 2002) avec l'idée que celle-ci est un héritage du passé, renvoie à l'aptitude présente à faire face et à répondre aux divers facteurs de stress et à préserver les moyens d'existence. C'est ainsi que pour Adger, Arnell et Tompkins (2005), la capacité d'adaptation caractérise la triple faculté de réduire la sensibilité du système, d'en modifier l'exposition et d'en accroître la résilience. Cette approche identifie des processus sociaux et économiques inhérents de marginalisation et d'inégalités comme cause de la vulnérabilité climatique et cherche prioritairement à identifier les moyens d'y remédier.

Le triple intérêt de la « figure des pyramides inversées »

L'intérêt de la « figure des pyramides inversées » est triple. Elle permet, en premier lieu, de souligner la question des échelles spatio-temporelles impliquées dans les interprétations du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique ; cela représente d'ailleurs une question clé pour l'effectivité des politiques d'adaptation destinées à réduire la vulnérabilité ou à améliorer la résilience à différentes échelles spatiales et temporelles. Rappelons toutefois, que l'on ne traite pas du même couple vulnérabilité/adaptation suivant l'approche adoptée : on ne considère pas en effet la même vulnérabilité (elle est biophysique et surtout future dans la pyramide descendante alors qu'elle est sociale et surtout présente ou actuelle dans la pyramide ascendante avec l'idée que la vulnérabilité présente est un héritage du passé) ni le même type d'adaptation (l'adaptation est avant tout technologique pour réduire les impacts du changement climatique dans la pyramide descendante alors qu'elle est multifactorielle pour accroître les capacités adaptatives dans celle ascendante). Toutefois, à l'instar des approches systémiques raisonnant dans le cadre de systèmes socio-écologiques complexes, il convient selon nous de ne pas opposer ces deux types d'approches et de chercher à les réconcilier au sein d'une approche interdisciplinaire, systémique et dynamique du couple vulnérabilité/adaptation. Un autre intérêt de ce schéma est de mettre en avant les différents types de causalité linéaire envisagés par les deux approches en présence, l'enjeu étant dans le cadre de cette recherche de chercher à les dépasser pour se diriger vers une causalité circulaire

caractéristique de l'approche systémique. En outre, l'ellipse de la figure des pyramides inversées focalisée sur le couple vulnérabilité/adaptation permet de visualiser la méso-échelle sur laquelle nous avons focalisé notre regard, une zone qui reste largement à explorer (zone « parent pauvre » des recherches académiques et peu opérationnalisée sur le terrain), le défi étant de penser des politiques-climat locales à l'intersection de ces deux approches complémentaires. Dans ce contexte, il convenait de s'interroger dans une perspective systémique sur les liens (synergies et rétroactions négatives) entre l'adaptation et les autres mécanismes-clés de la durabilité, et en particulier la/les vulnérabilité(s) et résiliences urbaines au changement climatique. La vulnérabilité, par essence multiscalaire et multidimensionnelle, n'est pas qu'un état, c'est aussi et surtout un processus qui est la résultante d'une chaîne de causalité complexe et non linéaire entre le changement climatique et ses trois composantes (exposition, sensibilité, et capacité adaptative dite vulnérabilité résilienciaire), ce qui la plonge dans un double contexte d'incertitude et de coévolution.

II.1.2. La boucle infernale évitée ou la relecture systémique du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique

La prise en compte des risques climatiques implique l'anticipation de leurs effets sur les vulnérabilités et les résiliences urbaines qui dépendent elles-mêmes étroitement des évolutions du contexte urbain local et des mesures de réponse envisagées face aux risques perçus et interprétés comme des priorités d'action. Compte tenu du contexte d'incertitude, l'enjeu est de parvenir à mettre en œuvre des stratégies de réponses adéquates quelles que soient les évolutions climatiques futures et visant à accroître certains aspects de la résilience territoriale destinés à améliorer la possibilité de s'adapter (Kelly et Adger, 2000) dans le cadre de politiques de développement urbain durable. L'adoption d'une approche systémique, en prise directe avec la complexité et l'incertitude, nous est ainsi apparue comme étant la plus à même de pouvoir contribuer à améliorer la résilience urbaine au travers de la formulation de stratégies d'adaptation et d'atténuation locales plus étroitement reliées et, qui plus est, intégrées à des politiques structurantes de développement urbain durable.

La vulnérabilité urbaine au changement climatique entre complexité et incertitude

L'incertitude, qui renvoie à la difficulté, voire à l'impossibilité, de se représenter l'avenir et/ou des phénomènes complexes (franchissement de seuils, bifurcations, interactions, etc.) dans les limites du savoir scientifique disponible, peut être due soit à des projections du comportement humain difficiles à anticiper, soit à un manque d'informations ou à un désaccord sur ce qui est connu (erreurs, approximations au niveau des données).

Les prédictions concernant le changement climatique (dont l'ampleur et la vitesse modifient le degré d'exposition d'un système, première composante de la vulnérabilité) au cours du siècle à

venir sont entachées de larges incertitudes (voir *Figure 35. Étendue de l'incertitude relative à l'estimation des conséquences du réchauffement climatique (partie supérieure) et aux éléments de la vulnérabilité (partie inférieure)* ci-dessous). Moss et Schneider (2001) soulignent d'ailleurs une explosion de l'incertitude depuis les scénarios d'émissions de GES jusqu'à la gamme des impacts locaux possibles, en passant par les réponses du cycle du carbone, la sensibilité du climat local, et les scénarios régionaux de changement climatique. Selon eux, comme pour d'autres auteurs (Jones, 2000), agréger les impacts du changement climatique est une science incertaine dans la mesure où passer des cycles biogéochimiques à l'évaluation des impacts implique de considérer toute une série de liens dans une chaîne de causalité complexe. Par conséquent, l'étendue de l'incertitude associée aux impacts climatique est multipliée pour englober une gamme de futures conséquences, incluant les impacts physiques, économiques, sociaux, et politiques ainsi que les réponses politiques (Moss et Schneider, 2001, 39).

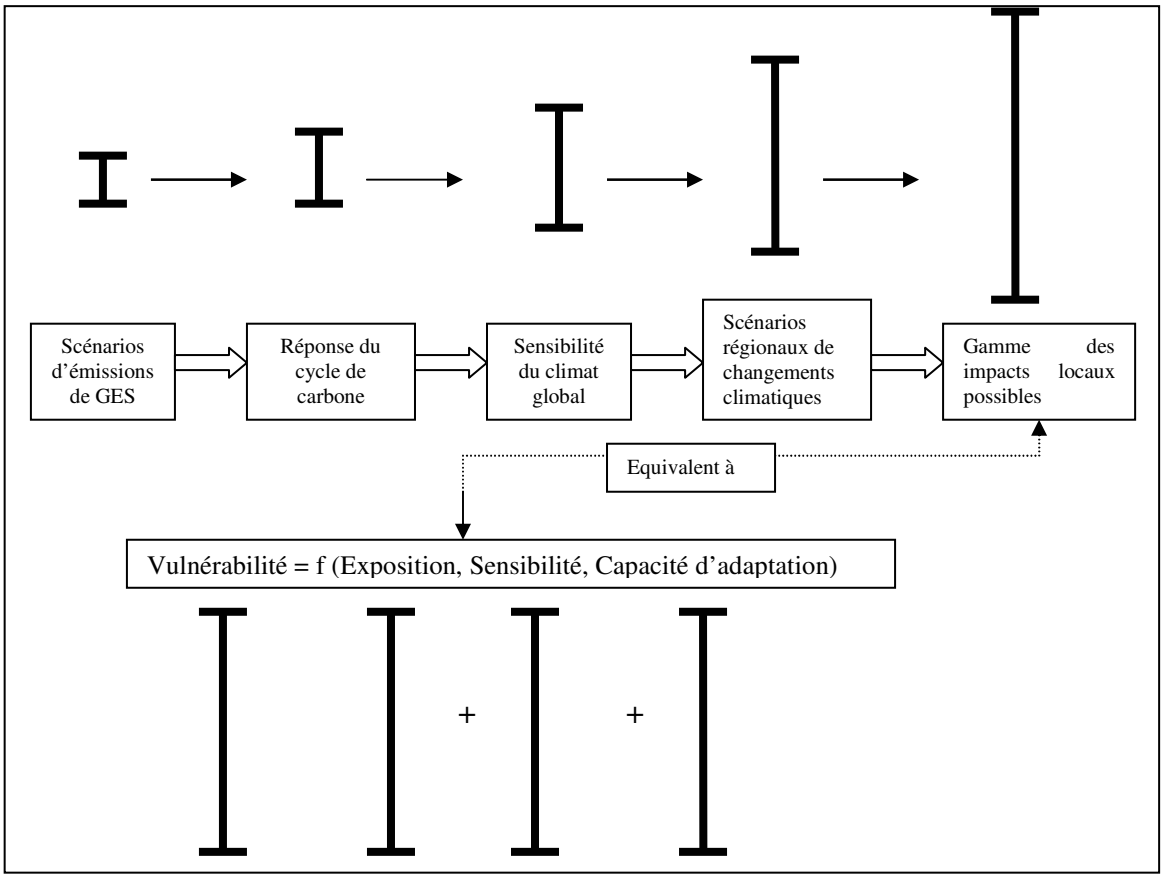


Figure 35. Étendue de l'incertitude relative à l'estimation des conséquences du réchauffement climatique (partie supérieure) et aux éléments de la vulnérabilité (partie inférieure)
Source : Adger et Vincent, 2005, 401.

Au regard de l'incertitude relative aux impacts du changement climatique, deux inconnues se combinent. La première incertitude a trait à la quantité de GES que nos sociétés émettront dans l'atmosphère au cours de ce siècle. Selon les choix démographiques, de développement,

d'urbanisation et de mobilité que fera l'humanité dans son ensemble le niveau des émissions pourra être très différent. Les évolutions du climat dépendront donc largement de l'ensemble de ces choix qui conditionneront l'importance des rejets de GES. La seconde incertitude, également importante, porte sur la réponse du climat (évolution du climat moyen et/ou modification de la fréquence et de l'ampleur des événements extrêmes) à l'accumulation atmosphérique de GES57. Pour des raisons essentiellement relatives au travail de modélisation, les incertitudes sur les évolutions climatiques aux échelles locales et sur la régionalisation des impacts, beaucoup plus grandes qu'à l'échelon global, resteront nécessairement fortes (Terray et Braconnot, 2008 ; Knutti, 2008). Ces deux incertitudes sont toutefois de nature très différente. La première est une incertitude liée à la liberté d'action des sociétés humaines qui ont la capacité à influencer l'avenir. Elle renvoie dès lors à la coévolution des sociétés humaines avec leur environnement global : plus les hommes espèrent gérer les risques climatiques qu'ils ont eux-mêmes contribué à créer, plus ils transforment les peuplements humains, notamment urbains, transformant du même coup leur environnement, et plus ils participent potentiellement à maintenir, à renforcer, voire à créer certaines incertitudes (Pigeon, 2010). La seconde est une incertitude scientifique liée à la connaissance du climat et de ses évolutions probables compte tenu du niveau des émissions de GES alors que des projections croisées sur des temps longs s'imposent. En fonction du scénario que l'on retient pour les émissions de GES et pour le comportement du système climatique, l'ampleur et la vitesse du changement climatique seront différentes, et le besoin d'adaptation variera d'autant. L'incertitude relative à la vulnérabilité est donc liée à cette première cascade d'incertitude située dans une autre partie du système de la science climatique, celle concernant les éléments d'exposition aux impacts, première composante de la vulnérabilité. Mais, l'étendue de l'incertitude concernant la vulnérabilité est en réalité bien plus importante étant donné qu'il faut lui ajouter l'étendue des incertitudes associées à la sensibilité ainsi qu'à la capacité d'adaptation, considérées comme étant égales à celle de l'exposition, dans la mesure où ces deux autres composantes de la vulnérabilité renvoient elles aussi à des chaînes causales complexes, à leur tour sources d'incertitude (Moss et Schneider, 2001).

L'étendue de l'incertitude associée à la sensibilité comme à la capacité d'adaptation renvoie à celle relative à leurs déterminants, à la projection de ces déterminants dans le futur et à leurs interactions, facteur supplémentaire d'incertitude (voir infra, les rétroactions positives entre gestion des risques et vulnérabilité). La capacité d'adaptation englobe plusieurs éléments susceptibles d'agir sur les trois composantes de la vulnérabilité (dont la capacité d'adaptation elle-même) qui vont de la capacité à modifier l'exposition aux risques associés au changement climatique, à absorber et à se remettre des pertes encourues suite aux impacts climatiques (réduction de la sensibilité du système)

[57] Concernant, par exemple, la seule hausse des températures moyennes de surface à l'horizon 2100, les modèles prédisent un réchauffement global plus ou moins important (compris entre 2 et 5°C) et les prédictions locales varient encore plus d'un modèle à l'autre, oscillant par exemple entre + 1°C et 10°C sur la France.

et à exploiter de nouvelles opportunités émergeant du processus d'adaptation (amélioration de la capacité d'adaptation) (Adger et Vincent, 2005). Il existe ainsi également des incertitudes concernant les déterminants de la capacité d'adaptation et de son évolution, qui vient en diminution ou en accentuation de la sensibilité du territoire à un aléa climatique, c'est-à-dire de la gravité des impacts potentiels, sachant que celle-ci est largement contextuelle, ce qui freine les velléités de comparaison à grande échelle et multiplie là encore les sources d'incertitude.

Le changement climatique implique ainsi davantage qu'une simple modification des conditions climatiques pour représenter avant tout une nouvelle source d'incertitude radicale qui vient renforcer une contrainte classique en matière de décision publique. La mise en place de stratégies d'adaptation exige d'améliorer la façon dont le changement climatique, et donc l'incertitude, sont pris en compte dans les décisions d'investissement et d'aménagement. Il est illusoire d'espérer que les avancées scientifiques conduisent à une réduction des incertitudes dans leur ensemble, et inapproprié de croire que reporter la prise de décisions serait une stratégie sage et efficace ; par conséquent, les décideurs ne doivent pas compter sur les climatologues, économistes et autres modélisateurs pour leur éviter d'avoir à prendre des décisions difficiles en contexte d'incertitude radicale (Magnan et al., 2009). Dupuy (2010) parle d'une seule certitude, celle de devoir se préparer à l'imprévisible58, en écartant « l'optimisme scientiste » au profit d'un « catastrophisme éclairé » (Dupuy, 2002) où l'on se permet de croire que le pire va arriver, pour mieux le conjurer, ou du moins le tenir à distance. Les sociétés technoscientifiques doivent de plus en plus s'entraîner à gérer l'inconcevable (Lagadec, 2000), à faire face à l'incertitude, tout en se gardant de considérer le changement climatique comme le seul moteur d'évolution. Il s'agit bien d'envisager les impacts du climat futur sur la société future, et non sur la société d'aujourd'hui, ce qui ajoute à la complexité de la prise de décision, étant donné qu'il n'y a pas consensus sur les déterminants de l'adaptation pas plus que concernant les liens entre vulnérabilité et adaptation, différentes approches coexistant en la matière (O´Brien et al., 2004).

La coévolution du système urbain avec les risques climatiques

Ce mode d'analyse de l'urbain en tant que système confronté aux risques climatiques, qui ne consiste pas tant à s'intéresser à chacun de ses éléments constitutifs qu'à examiner avec soin leurs interactions et les interférences qui s'établissent entre eux, est en prise avec notre problématique. C'est en se centrant sur les relations de complémentarité ou de concurrence entre ses différents éléments constitutifs que peuvent être appréhendées les marges de manœuvre d'une ville pour

[58] Là où J.P. Dupuy parle de la certitude d'être surpris, d'autres parlent de « Surprise prévisible » (Bazerman, 2006).

« absorber » une perturbation (ici liée à la variabilité ou au changement climatique) ou s'y « préparer ».

Cependant, si le concept de système urbain constitue un cadre d'analyse satisfaisant à l'échelle de la ville, il ne suffit pas pour appréhender l'ensemble des éléments susceptibles d'influencer la vulnérabilité urbaine dans la mesure où certains de ces éléments renvoient à des échelles plus vastes comme celle des territoires dans lesquels les villes concernées par le risque s'insèrent. Les principes de l'analyse systémique doivent donc être ici appliqués au niveau des échelles spatiales et temporelles auxquelles renvoient non plus seulement les villes elles-mêmes, mais l'ensemble des réseaux territoriaux, économiques, politiques et sociaux dans lesquels elles s'insèrent, d'où l'idée de méso-échelle précédemment évoquée. C'est la raison pour laquelle nous avons représenté le système urbain comme étant encastré dans des systèmes plus larges qui l'englobent et avec lesquels il interagit et même coévolue (voir *Figure 36. Des causes anthropiques des risques climatiques aux réponses politiques locales face aux responsabilités et vulnérabilités identifiées* ci-dessous) ; il s'agit des systèmes national/régional et mondial où se manifestent les risques climatiques de dimension planétaire que le système urbain contribue lui-même à générer de par ses caractéristiques et son fonctionnement, tout en modifiant son propre climat local. Ces systèmes plus larges peuvent aussi être à l'origine de certaines pressions extérieures et d'innovations (technologiques, organisationnelles, institutionnelles, etc.) qui influenceront, voire contraindront, les décisions politiques locales de lutte contre le changement climatique. C'est la raison pour laquelle la boîte « réponses politiques » du système urbain déborde en dehors de ses frontières.

Les différents emboitements représentés au sein du système urbain et les flèches qui les relient illustrent les liens de causalité existant à différentes périodes de temps (T, T+1, …, T+n) entre les multiples composantes du schéma de manière à souligner les boucles de rétroactions caractéristiques de leur coévolution (causalité circulaire) : les causes anthropiques principales, facteurs d'accentuation des risques climatiques actuels et futurs (en tant que combinaison d'aléas, de vulnérabilités et de résiliences en coévolution) qui, après être passés au travers des filtres cognitifs, comportementaux et contextuels, appellent des réponses politiques (actions d'atténuation destinées à agir sur les responsabilités, i.e. les causes anthropiques principales du changement climatique, et actions d'adaptation visant à agir sur les manifestations du changement climatique notamment en vue de diminuer les risques) modifiant en retour les conditions de la coévolution du système urbain avec son environnement.

Cette représentation permet de comprendre comment au nom de la vulnérabilité du territoire urbain et/ou de la population (ou partie d'entre elle) à certains aléas, on assiste depuis déjà longtemps au déploiement de dispositifs censés réduire les situations de vulnérabilités mais qui contribuent au

contraire souvent à les créer ou à les renforcer (Revet, 2009 ; Pigeon, 2005). Par exemple, plus sont développées les mesures de lutte structurelle contre les inondations, comme les digues, et plus le potentiel d'endommagement croît (Sauri-Pujol et *al*., 2001, 127), cette vulnérabilité accrue justifiant officiellement toujours plus de mesures structurelles.

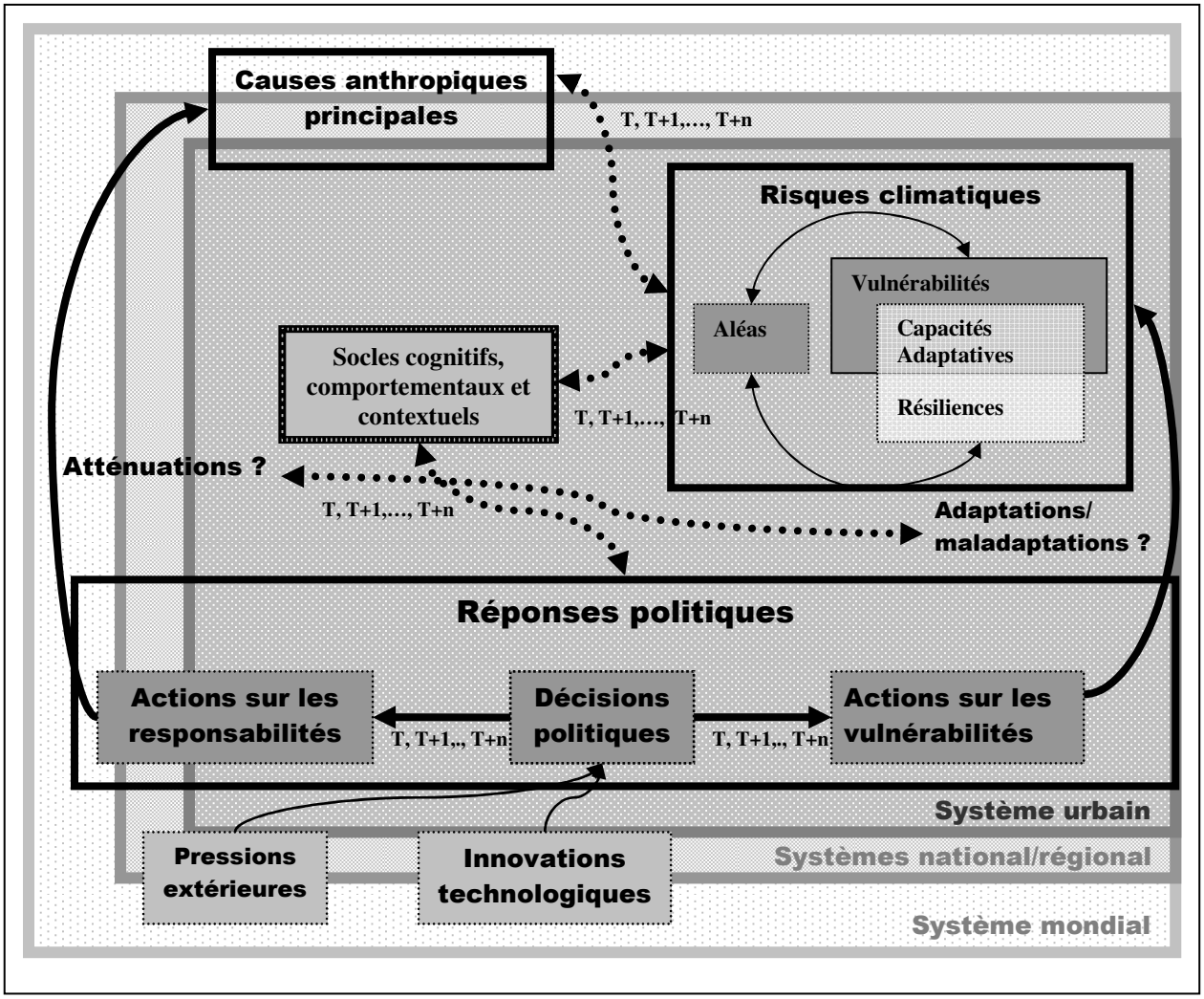


Figure 36. Des causes anthropiques des risques climatiques aux réponses politiques locales face aux responsabilités et vulnérabilités identifiées
Source : Quenault et *al*., (2011).

Comment expliquer cet apparent paradoxe de Weichselgartner (2004) suivant lequel toujours plus de gestion préventive des risques s'accompagne pourtant de toujours plus de catastrophes ? Le paradoxe, apparemment lié au décalage entre l'affirmation officielle de la protection accrue face aux aléas et l'augmentation des dommages que celle-ci favorise, permet de comprendre que les politiques gérant les risques sont forcément imparfaites, en ce sens qu'elles produiront nécessairement des effets non désirés, inattendus. Le paradoxe disparaît en effet dès lors que survient la reconnaissance du fait que gestion des risques climatiques et urbanisation coévoluent : La gestion préventive des catastrophes favorise l'urbanisation qui ne cesse de se recomposer en s'intensifiant précisément parce

qu'elle ne permet jamais d'éliminer totalement les risques compte tenu des limites intrinsèques des politiques supposées les gérer (Pigeon, 2010). Ces arguments font ressortir la tendance à l'intensification des interactions partielles entre plusieurs groupes de paramètres (systèmes), et à plusieurs échelles, qui peut signaler la complexité. On identifie alors une coévolution entre la reconnaissance institutionnelle des catastrophes accrues dans l'absolu, l'intensification des actions politiques ainsi justifiée et celle des peuplements humains, l'urbanisation accrue. Plus encore, on peut démontrer une tendance de fond à la coévolution positive : urbanisation et gestion des risques s'auto-augmentent, tout en contribuant à préparer de futures catastrophes, partiellement prédictibles. L'intensification de ce type de coévolution, de tendance positive au sens systémique, a été démontrée et formalisée à l'échelle locale (Pigeon, 2005).

On observe ainsi l'impossibilité politique d'éliminer les risques, tout en visant le plus possible à limiter les dommages, c'est-à-dire à réduire les fréquences et les intensités relatives des catastrophes. Cette tendance paraît très cohérente avec les formes de régulation politique qui se réclament de la lutte contre le changement climatique ou plus largement du développement durable. S'il est impossible d'éliminer les risques, les politiques qui se réclament du développement durable visent à réduire les futures catastrophes en diminuant préventivement, le plus possible, les intensités des dommages en cas de perturbation des systèmes de peuplements. En cela elles représentent une composante fondamentale de la tendance des sociétés urbanisées à produire, et à chercher à contrôler, les conditions de leurs propres évolutions. Ce faisant, elles cherchent à conserver le plus possible les structures fondamentales de peuplement, afin de réduire le recours à une aide extérieure. Le fait que la gestion des risques provoquera nécessairement des effets non désirés et que les expériences en retour, post-catastrophes, démontrent les limites des travaux de correction comme du recours à l'aide internationale d'urgence se traduisent par la volonté d'augmenter la résilience des systèmes *locaux* de peuplement en cas d'événement potentiellement catastrophique. La volonté de renforcer la gestion locale de la sécurité civile, ou d'inciter à plus prendre en compte plusieurs types de risques reconnus dans l'aménagement foncier ou dans les structures des bâtiments participe de cette recherche de résilience (Pigeon, 2010).

Le couple vulnérabilité/adaptation entre causalité circulaire et boucles de rétroactions

Au-delà de cette représentation systémique simplifiée de la coévolution du système urbain avec le changement climatique, il convient pour en appréhender toute la complexité d'explorer plus avant les composantes des différentes boites représentées dans la *Figure 36. Des causes anthropiques des risques climatiques aux réponses politiques locales face aux responsabilités et vulnérabilités identifiées* et leurs rétroactions respectives.

Les causes anthropiques principales des aléas climatiques et leur enchaînement

Plusieurs causes principales d'origine anthropique, qu'elles soient planétaires ou spécifiquement locales, se combinent (voir *Figure 37. Les causes anthropiques principales des aléas climatiques et leur enchaînement* ci-dessous) pour intensifier les aléas climatiques et météorologiques auxquels les villes sont exposées. Ainsi que le soulignent Beccera et Peltier (2009), l'accroissement des risques et catastrophes « naturels » en milieu urbain a en effet « *une double dimension anthropique : il est lié à l'anthropisation des aléas (inondations par ruissellement urbain, par exemple) et à l'accroissement de la vulnérabilité des sociétés* » (Beccera et Peltier, 2009, 6).

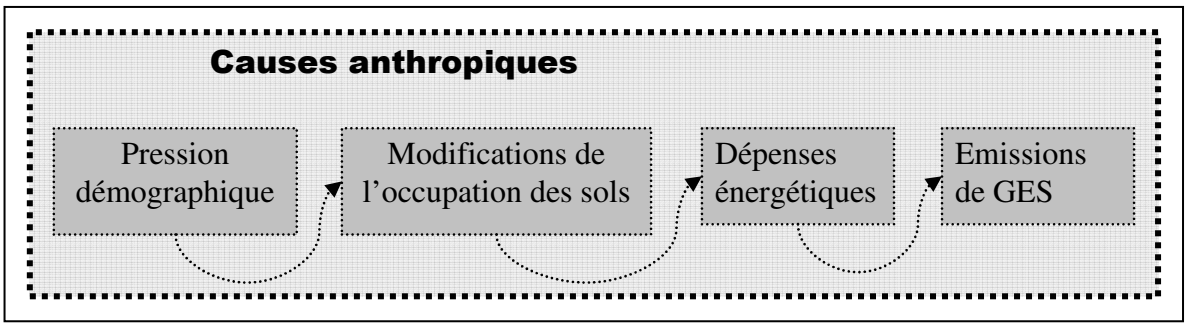


Figure 37. Les causes anthropiques principales des aléas climatiques et leur enchaînement
Source : B. Quenault et *al.*, (2011)

La concentration de personnes dans les centres urbains, sous la pression démographique, modifie l'occupation des sols (anthropisation croissante en lien avec l'expansion morphologique urbaine – étalement, périurbanisation, suburbanisation -, minéralisation croissante en lien avec l'extension des surfaces dures et les pressions sur la végétation et les espaces verts qui s'amenuisent) et augmente les dépenses énergétiques (transport, chauffage, climatisation, éclairage, etc.) qui contribuent à la hausse des émissions mondiales de GES[59]. Ces évolutions urbaines, outre les pressions sociales qu'elles induisent, ont pour résultat d'accroitre les risques climatiques en accentuant les deux aléas climatiques anthropiques que représentent respectivement le changement climatique et l'îlot de chaleur urbain (ICU).

Les trois composantes des risques climatiques et leurs interrelations complexes

Au sein du système urbain, les risques climatiques surgissent à la faveur de la combinaison d'aléas planétaires (changement climatique, variabilité climatique) ou locaux (ICU et autres aléas météorologiques) au sein desquels se manifestent des interactions et de vulnérabilités et résiliences

[59] Parmi les principales conclusions du rapport Un-Habitat (2011) figure le fait que la proportion des émissions mondiales de GES générées dans les villes pourrait se situer entre 40 et 70 pour cent, si l'on se réfère aux chiffres basés sur la production (chiffres calculés en additionnant les émissions de GES provenant de toutes les structures implantées au sein des villes). Cette proportion atteint même entre 60 ou 70 pour cent si l'on se base sur la consommation (c'est-à-dire en additionnant les émissions de GES dues à la production de toutes les marchandises consommées par les citadins, quelle que soit la région de production). Les principales sources d'émission de GES dans les zones urbaines sont liées à l'utilisation de combustibles fossiles. Cela comprend l'approvisionnement énergétique nécessaire à la production d'électricité (principalement à partir de charbon, de gaz et de pétrole) ; les transports ; les consommations énergétiques des bâtiments commerciaux et résidentiels pour l'éclairage, la préparation des repas, le chauffage et la climatisation ; la production industrielle et le traitement des déchets.

locales qui coévoluent avec les aléas (voir *Figure 38. Les trois composantes des risques climatiques et leurs interactions complexes* ci-dessous).

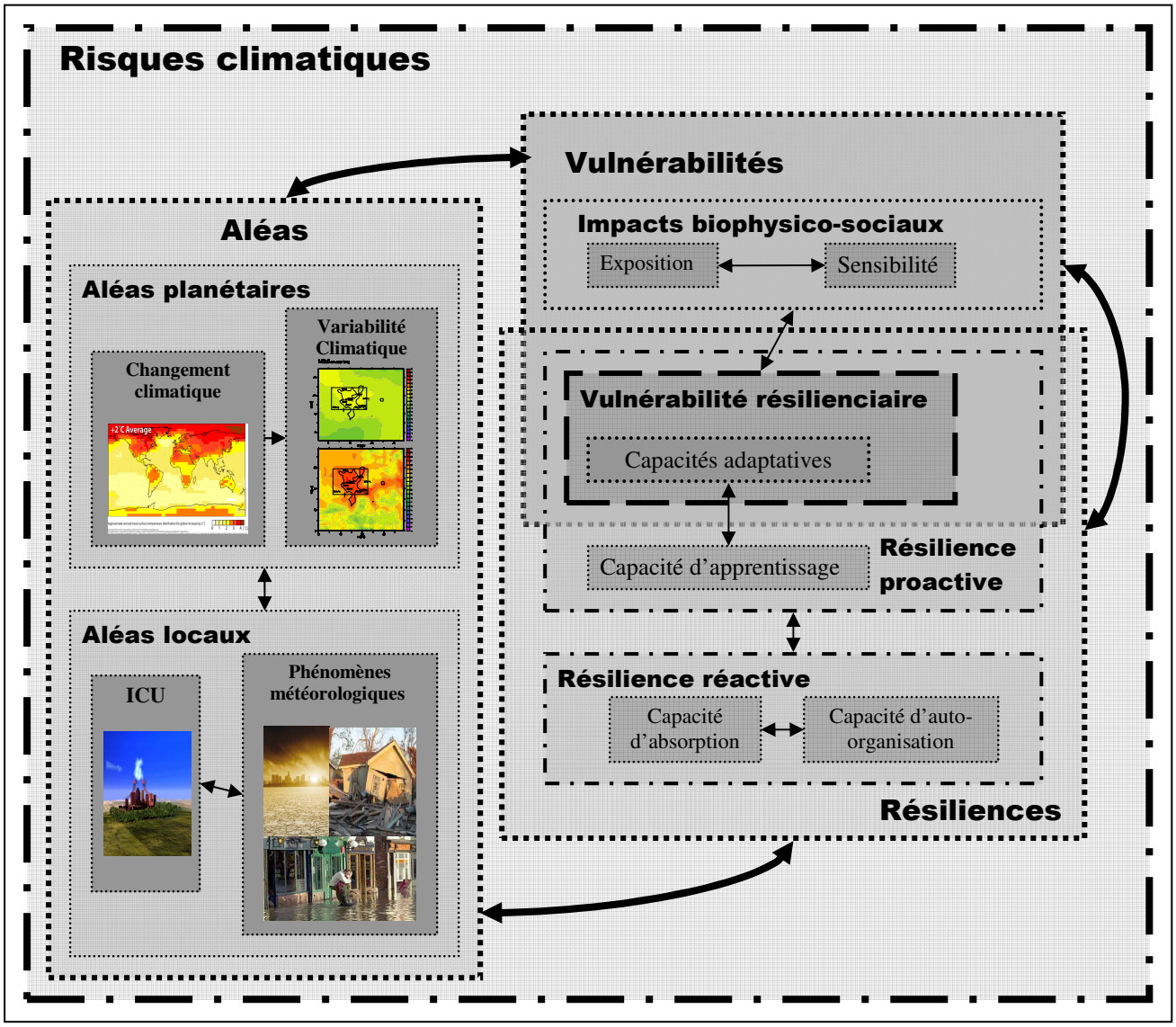


Figure 38. Les trois composantes des risques climatiques et leurs interactions complexes
Source : Quenault et *al.,* (2011).

En ce qui concerne les aléas, première composante des risques climatiques, on distingue tout d'abord ceux qui sont d'origine planétaire et ceux qui prennent naissance localement, au cœur des systèmes urbains. Au sein des aléas globaux, on distingue ensuite le changement de la variabilité climatique[60]. Le changement climatique, d'origine externe[61] au système climatique de part sa nature

[60] Le climat est défini comme l'ensemble des temps qu'il fait ou plus précisément comme une description statistique de la moyenne et de la variabilité d'éléments tels que la température, l'humidité, le vent, la pression, sur une période allant de quelques mois à plusieurs millions d'années. La période couramment utilisée pour calculer cette moyenne est de 30 ans, comme le préconise l'Organisation météorologique mondiale. Le climat est naturellement changeant, sous l'influence de facteurs internes (comme la circulation des océans ou la rotation de la terre), ce que l'on appelle variabilité climatique. Cette variabilité regroupe la différence entre le jour et la nuit, entre les saisons, ainsi que les extrêmes climatiques (tempêtes, inondations, sécheresses).
[61] On distingue alors deux types d'origines externes au changement climatique : les origines externes naturelles (comme par exemple l'influence du soleil et de ses cycles, ou le volcanisme) et les origines externes dues à l'activité humaine. Pour simplifier la distinction

anthropique, est un phénomène durable, voire irréversible, ce qui le différencie de la variabilité intrinsèque naturelle du climat, suivant la distinction opérée par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Toutefois, bien qu'assez évidente en théorie, parce que basée sur la cause différente (anthropique ou naturelle) des phénomènes considérés, cette distinction l'est beaucoup moins en pratique : les manifestations de la variabilité et du changement climatique ont les mêmes caractéristiques temporelles et spatiales, se cumulent, se confondent et sont bien souvent (encore) impossibles à distinguer tant elles se ressemblent[62]. Face à une urbanisation croissante, les preuves s'accumulent pour signifier que le changement climatique va entraîner d'énormes défis pour les zones urbaines et pour leurs populations grandissantes (UN-Habitat, 2011). Ces défis, ainsi que nous l'avons déjà souligné dans la 1ère partie du rapport, sont principalement liés aux évolutions climatiques suivantes : Un réchauffement général et une augmentation de la fréquence des journées et des nuits chaudes sur la plupart des terres émergées ; Une réduction du nombre de journées et de nuits froides sur la majorité du globe ; Une augmentation de la fréquence des redoux/vagues de chaleur sur la plupart des terres émergées ; Une augmentation de la fréquence des épisodes de très fortes précipitations ; Une augmentation des surfaces touchées par des sécheresses ; Une intensification de l'activité cyclonique tropicale dans certaines parties du globe ; Et, une recrudescence des événements de montée extrême des eaux dans certaines régions. Un grand nombre de risques doivent ainsi être réexaminés en fonction de la nouvelle donne climatique. C'est le cas des aléas atmosphériques tels que les inondations (premier risque en termes de coûts des dommages), les tempêtes, sécheresses, les vagues de chaleur et de froid (premier risque en termes de vies humaines), cyclones... C'est aussi le cas des aléas géologiques tels que les mouvements de terrain, la sécheresse géotechnique (second risque en termes de coûts par son impact sur le bâti), et les feux de forêt.

A ces aléas climatiques d'origine planétaire, se combinent les aléas locaux qui ont trait à la question du climat urbain suite à la « *modification de la météorologie locale par le fait urbain* » (Masson, 2010, 143) dont une principale caractéristique est la création de l' « îlot de chaleur urbain » (ICU) (voir *Figure 39. Représentation de l'ICU* ci-dessous) que le changement climatique lui-même peut contribuer à intensifier.

---

entre variabilité climatique et changements climatiques, on limite souvent l'appellation changement climatique aux origines externes anthropiques, reléguant l'ensemble des origines naturelles de variation du climat sous le terme générique de variabilité.

[62] À l'heure actuelle, il reste par exemple difficile de dire précisément si telle ou telle sécheresse est l'œuvre du changement climatique ou non. Pour les quelques décennies à venir, il sera impossible de distinguer avec certitude sur le terrain les effets de la variabilité climatique naturelle des impacts du changement climatique.

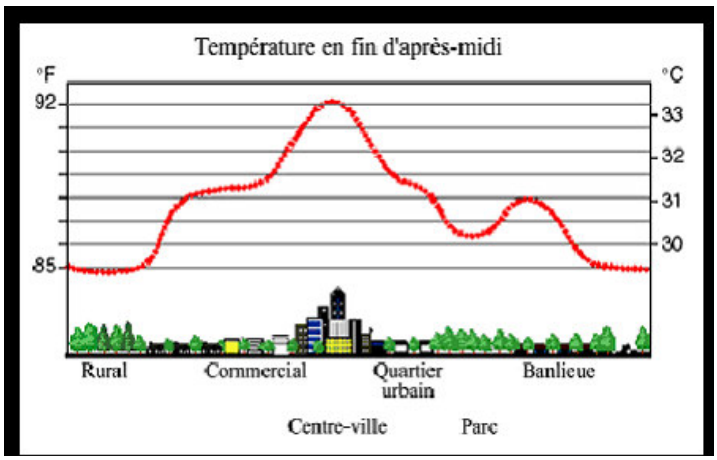


Figure 39. Représentation de l'ICU
Source : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

La variabilité spatio-temporelle du climat urbain est le résultat d'une très forte hétérogénéité de l'espace urbanisé présentant des surfaces horizontales et verticales qui modifient les caractéristiques physiques des basses couches de l'atmosphère (températures, vent, précipitations). Ces effets climatiques, essentiellement thermiques, résultent d'une modification du bilan d'énergie observé au sein de ce type d'espace (Cantat, 2004) dont l'expression la plus concrète est l'îlot de chaleur urbain (ICU). L'ICU, avant tout défini par la différence de température existant entre les secteurs centraux d'une agglomération et ses secteurs périphériques, différence pouvant atteindre jusqu'à 12°C[63], et caractérisé par un dôme d'air plus chaud couvrant la ville, est comme le changement climatique d'origine anthropique (voir *Figure 39. Représentation de l'ICU* ci-dessus). L'ICU représente la manifestation de la hausse de température engendrée par les caractéristiques physiques (bâti, etc.) et les activités de la ville. Au-delà d'une distinction centre/périphérie, il s'appuie surtout sur des différences de surface et d'occupation du sol, le centre étant généralement occupé par un bâti dense, présentant des surfaces verticales rapprochées (l'alignement des bâtiments créant des « canyons » urbains), alors que la périphérie est occupée par des surfaces horizontales végétalisées ou humides (Quénol et *al.*, 2010). L'intensité et l'extension spatiale de l'ICU dépendent du site de la ville, de sa morphologie (forme et densité du bâti, nature des matériaux de construction et des activités industrielles…), des conditions climatiques régionales et de la succession des types de circulation et de temps (Oke, 1987). L'ICU est principalement lié aux modifications d'occupation des sols et à la minéralisation des espaces urbains et dans une moindre mesure aux sources directes de chaleur anthropique (dégagements de chaleur dus aux consommations énergétiques) qui se combinent aux conditions météorologiques pour en moduler l'intensité. En effet, les matériaux, imperméables et sombres, à faible albédo[64] et à forte rugosité, tels que l'asphalte, le béton ou le granit, accumulent de la chaleur durant la journée et la déstockent durant la nuit (Boutefeu, 2007) créant ainsi l'ICU. Ce

[63] Des changements d'intensité sont également visibles selon la période du jour ou de la nuit et selon la saison (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).
[64] L'albédo est le pouvoir de réflexion d'une surface exposée à la lumière (Champiat, 2009).

phénomène est accentué par l'activité urbaine : la densification et les changements d'occupation des sols (suppression des espaces verts et de la végétation, ou disparition des plans d'eau, etc.), la climatisation électrique (qui provoque des rejets d'air chaud à l'extérieur des bâtiments) et les activités polluantes (industries ou transports) se combinent et font que les villes provoquent des rejets de chaleur anthropiques supérieurs à ceux existants en zones rurales. L'ICU interagit avec d'autres phénomènes météorologiques locaux tels que les variations de températures pouvant induire des vagues de chaleur ou de froid, la modification des précipitations pouvant provoquer des sécheresses ou des inondations, etc.[65].

L'augmentation de température qui résulte de ce phénomène d'ICU est un exemple de changement climatique local dépendant notamment des caractéristiques géographiques et climatiques du milieu urbain considéré. Or, les prévisions climatiques réalisées par le GIEC prévoient une élévation de la température moyenne terrestre de 1,1 à 6,4°C d'ici 2100, par rapport à la température moyenne de 1990 (GIEC, 2007) et les modèles climatiques de Météo France prévoient un réchauffement en France compris entre 3 et 3,5°C, accompagné d'une accentuation des événements extrêmes tels que les vagues de chaleur : « *Les modèles climatiques développés en France montrent que l'épisode caniculaire qui a été observé en France durant l'été 2003 – et qui n'avait pratiquement aucune chance de se produire dans le cadre des conditions climatiques du XIXe siècle – correspondra à des étés « normaux » à la fin du XXIe siècle* (Godinot, 2009, 13) ». La canicule de 2003 représente ainsi un des exemples les plus marquants de ce qui pourrait être à l'avenir le quotidien de nombre d'urbains en Europe. En effet, un été sur deux sera à la fin du siècle aussi chaud que l'été 2003 (GIEC, 2007b) (voir *Figure 40. Une canicule tous les deux ans en 2050 ?* ci-dessous) et certains climatologues français prévoient que les vagues de chaleurs estivales seront plus longues, plus intenses et plus fréquentes, passant de un jour durant la période 1960-1989, à quatorze jours à la fin du 21e siècle (Boutefeu, 2007), entraînant des impacts sanitaires non négligeables.

La multiplication des catastrophes provoquées par des événements météorologiques et hydrologiques tout autour de la planète a certes dramatiquement rappelé aux villes (des pays développés en particulier) l'existence de multiples menaces d'origine climatique (CRED, 2010), mais elles ont surtout souligné leur fragilité face à de tels épisodes, alors même qu'elles se croyaient à l'abri (Reghezza, 2006).

[65] L'anthropisation et l'artificialisation croissante des sols (asphalte, ciment et autres surfaces dures) de la ville fait qu'ils absorbent les radiations du soleil, causant l'effet d'ICU qui intensifie les vagues de chaleur et les phénomènes de pollution de l'air, préjudiciables au bien-être et à la santé humaine, et exerce notamment des pressions sur les systèmes de production et de distribution d'électricité (climatisation en été) qui peuvent contribuer à l'augmentation des émissions de GES. L'imperméabilisation des surfaces, principale responsable de l'ICU, empêche également l'absorption des eaux de pluie, créant des ruissellements qui entraînent la pollution vers les eaux de surface comme souterraines (lacs, cours d'eau, nappes phréatiques, etc.) et peuvent déborder les systèmes de récupération des eaux d'orages, conduisant à des débordements des réserves d'égouts et à des inondations aux cours des épisodes de fortes précipitations.

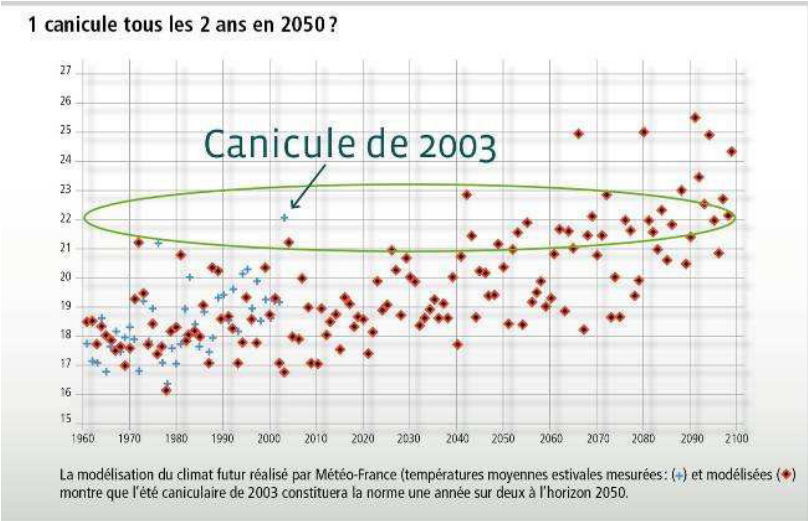


Figure 40. Une canicule tous les deux ans en 2050 ?
Source : Godinot, 2009,13.

Plus que la résurgence des « risques » ou des « aléas », ces catastrophes sont ainsi surtout l'expression des vulnérabilités[66] locales, qui combinent en effet trois éléments (voir *Figure 38. Les trois composantes des risques climatiques et leurs interactions complexes* ci-dessus) : les impacts biophysiques, qui sont spécifiques à l'aléa climatique considéré, et dont l'ampleur découle de l'exposition et de la sensibilité[67] du système à l'aléa, les impacts socio-économiques, qui découlent de fragilités socio-économiques inhérentes au système (donc non aléa-spécifiques) et, enfin, les capacités adaptatives[68] face à ces perturbations (Adger, 2006), capacités qui fondent la vulnérabilité résilienciaire, du système et qui dépendent, quant à elles, à la fois de l'ampleur ou de l'intensité de l'aléa considéré et d'un certain nombre de facteurs locaux. A titre d'exemple, l'impact sanitaire d'une vague de chaleur, par exemple, dépend de l'intensité de la canicule[69], de l'exposition de la population aux fortes chaleurs et des facteurs de risques individuels de la population exposée (Champiat, 2009). Or, le phénomène d'ICU, précédemment évoqué, est à l'origine d'une aggravation du risque caniculaire en diminuant les possibilités de rafraîchissement de la ville en période nocturne et donc des habitations, ce qui amplifie les risques sur la santé (coups de chaleur, déshydratation…) et l'inconfort des habitants (baisse de la productivité et de l'économie urbaine) (Climate Alliance, 2007). De plus, une corrélation existe entre la température urbaine et la surmortalité en période de fortes chaleurs : la surmortalité augmente linéairement avec la température au-delà de 19°C

[66] Selon le GIEC (2007), la vulnérabilité représente la « *mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation* » (GIEC, 2007, 99).
[67] La sensibilité, qui renvoie à l'importance des effets produits (directs ou indirects) sur le système exposé, mesure le « *degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques* » (GIEC, 2007, 97).
[68] La capacité adaptative désigne « *la capacité d'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des changements climatiques (y compris à la variabilité et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences* » (GIEC, 2001, 175).
[69] Une canicule est un événement météorologique caractérisé par la persistance de températures élevées (supérieure à 30°C ou 35°C selon la région de France) qui a atteint une ampleur exceptionnelle en Europe de l'Ouest en août 2003 (Champiat, 2009).

(température moyenne journalière), d'autant que les pics de chaleur s'accompagnent également de pics de pollution par l'ozone, autre risque de surmortalité durant une canicule (Godinot, 2009). Le milieu urbain est alors qualifié de zone à risques par l'OMS et les personnes les plus vulnérables seraient les personnes très âgées ou très jeunes, les femmes enceintes, les personnes pauvres ou présentant des affections respiratoires ou cardiovasculaires et les personnes exposées de par leur profession aux phénomènes climatiques extrêmes.

Outre, les impacts sanitaires ou physiques immédiats que posent les perturbations climatiques, certaines villes rencontreront également des difficultés pour fournir les services de base à leurs habitants. En effet, tous ces aléas dus au changement climatique se répercuteront sur l'approvisionnement en eau, les infrastructures physiques, les transports, les biens et services obtenus des écosystèmes, l'approvisionnement énergétique et la production industrielle. Les économies locales en seront perturbées et les populations pourront se voir déposséder de leurs biens et de leurs moyens de subsistance. Les effets du changement climatique seront particulièrement graves pour les zones côtières peu élevées, où sont implantées nombre des plus grandes villes du monde. Bien que ces zones ne représentent que 2 % des terres émergées du globe, environ 13 % de la population urbaine mondiale s'y concentre (particulièrement en Asie) (UN-Habitat, 2011). Ces effets climatiques ne frapperont évidemment pas de la même manière toutes les régions et toutes les villes, ni même tous les secteurs de l'économie ou tous les groupes socioéconomiques (voir *Figure 41. Impacts possibles du changement climatique en France au cours du XXIe siècle* ci-dessous concernant la France).

Figure 41. Impacts possibles du changement climatique en France au cours du XXIe siècle
Source : Godinot, 2009,14

Ces répercussions viendront sûrement renforcer les inégalités existantes, si bien que le changement climatique pourrait bien bouleverser le tissu social des villes et accentuer le problème de la pauvreté. L'exemple de la canicule en 2003 montre bien que les premières victimes des événements météorologiques extrêmes ont été les populations les plus déshéritées et les plus démunies : personnes âgées, personnes mal logées, handicapés, malades chroniques, généralement à revenus très faibles ou souffrant d'isolement social. De même, les inondations frappent des personnes qui résident dans des constructions bâties en zones inondables, souvent faute de moyens suffisants pour s'installer ailleurs ainsi que l'a illustré l'ouragan Katrina. Même si les risques, les vulnérabilités et les capacités d'adaptation varient d'une ville à l'autre, certains points communs existent. Tout d'abord, le changement climatique pourrait avoir des répercussions en cascade sur de nombreux pans de la vie urbaine. Ensuite, il ne touchera pas toute la population urbaine de la même manière au sein d'une ville : le sexe, l'âge, l'origine ethnique et le niveau de revenus influent sur la vulnérabilité des individus et des groupes sociaux. Enfin, en matière de planification urbanistique, faute d'ajuster les normes et codes de construction et de zonage avec une vision d'avenir, les villes ne pourront guère adapter leurs infrastructures et mettront en danger les habitants et leurs biens (UN-Habitat, 2011).

L'idée de vulnérabilité suggère, « en amont » des crises ou des perturbations liées aux impacts climatiques, l'existence d'usages, de politiques et/ou de décisions inadéquates qui viennent accentuer, voire créer, le problème (Bertrand et Rocher, 2007) en augmentant soit l'exposition, soit la sensibilité ou les deux, et qui renvoient en définitive à un problème de maladaptation (voir *infra*) ; la vulnérabilité repose également sur une capacité potentielle de la société à préparer et à anticiper l'occurrence des aléas de même qu'à mettre en œuvre des mesures de réponse, avant et après sa survenue, c'est-à-dire à anticiper et à gérer la crise et à retrouver ensuite un fonctionnement normal (Vale et Campanella, 2005). Cette capacité adaptative est désormais perçue comme partie intégrante de la résilience (Gallopin, 2006), ouvrant la voie à un élargissement substantiel de son interprétation traditionnelle. Elle fonde ce que l'on dénomme, à la suite de Provitolo (2009), la vulnérabilité résilienciaire du système, pour insister sur le fait que, loin d'être la simple face opposée de la vulnérabilité (Folke et *al.*, 2002 ; Villagràn de León, 2006), la résilience des territoires urbains représente un concept distinct (voir *Figure 38. Les trois composantes des risques climatiques et leurs interactions complexes* ci-dessus), mais qui entretient néanmoins d'étroites relations ou chevauchements avec le premier (Manyena, 2006 ; Paton, 2008).

La résilience, troisième composante des risques climatiques, est elle-même à double dimension (Carpenter et *al.*, 2001), ainsi que nous l'avons vu dans la 1ère partie de ce rapport :

- La résilience consiste en premier lieu à générer des « capacités de récupération » (« capacités à faire face ») dépendant à la fois de la « capacité d'absorption » ou de « résistance » du système et de sa « capacité d'auto-organisation », qui ensemble lui permettent de maintenir ou de retrouver les bases de son développement et de sa spécificité face à des chocs plus ou moins brutaux ; cette première facette de la résilience « statique ou réactive » (Dovers et Handmer, 1992) renvoie à l'adaptation autonome ou spontanée du système ;
- La résilience suppose ensuite de disposer de capacités d'apprentissage et de capacités adaptatives permettant au système d'ajuster ses comportements de manière à inventer et à déployer de nouvelles ressources et capacités afin de s'insérer favorablement dans la coévolution avec son environnement ; cette seconde facette de la résilience « dynamique ou proactive » (Dovers et Handmer, 1992) renvoie quant à elle à l'adaptation planifiée ou anticipée.

La résilience proactive lie l'analyse des conditions présentes et futures de survenue des aléas avec l'évaluation de stratégies spécifiques pour améliorer la capacité à prévenir et à se préparer aux désastres. De manière plus importante encore, elle peut fournir aux gestionnaires des risques un outil opérationnel pour tenter de passer de la récupération à la prévention et à la préparation face aux désastres : « *une société qui possède une résilience réactive envisage le futur en renforçant le statu quo et en rendant le système présent résistant au changement, tandis qu'une société qui développe une résilience proactive accepte le caractère inévitable du changement et essaie de créer un système capable de s'adapter à de nouvelles conditions et à de nouvelles obligations* » (Klein, Nicholls et Thomalla, 2003, 127). Une politique urbaine d'adaptation qui viserait à améliorer la résilience proactive du territoire en liant l'analyse des conditions présentes et futures de survenue des aléas avec l'évaluation de stratégies spécifiques pour améliorer la capacité à prévenir et à se préparer aux désastres, semblerait ainsi la plus prometteuse. Il convient toutefois, au-delà de cette double facette de la résilience, également de souligner qu'elle n'a guère de signification dans l'absolu indépendamment du type de risque considéré et qu'elle n'accroît pas nécessairement l'efficience des actions politiques cherchant à prévenir les catastrophes ; loin d'une simple causalité linéaire, la résilience entretient des relations complexes tant avec la vulnérabilité (qu'elle ne réduit pas nécessairement) qu'avec la capacité d'adaptation (qu'elle n'accroît pas non plus automatiquement) (Gunderson et Holling, 2002), ce qui fait qu'elle peut même contribuer à la préparation de futures catastrophes…

En principe, la vulnérabilité augmente avec l'exposition aux aléas climatiques et la sensibilité du système à leurs impacts tandis qu'elle diminue à mesure que la capacité adaptative s'accroît. Les événements dangereux quand ils surviennent révèlent les vulnérabilités (notamment sociales) existantes de même qu'ils peuvent créer les vulnérabilités futures en renforçant la sensibilité du

système urbain à l'égard des effets néfastes de futurs aléas. Toutefois, la réalité est plus complexe que cette simple causalité linéaire, la vulnérabilité se trouvant au cœur de plusieurs boucles de rétroactions tant positives que négatives caractéristiques d'une causalité circulaire. Si la résilience est reconnue comme une composante partielle de la vulnérabilité (ainsi que le souligne le terme de vulnérabilité résilienciaire employé pour désigner les capacités adaptatives) alors il est nécessaire de reconnaître l'existence d'une boucle de rétroaction au sein de laquelle la résilience à l'égard d'événements futurs peut être améliorée par l'impact de l'aléa, c'est-à-dire l'inverse de ce qui précède (i.e. une conscience, une préparation accrues). Mais ce n'est là que l'une des facettes d'une relation complexe où la réduction de la vulnérabilité qui peut résulter de cette résilience accrue peut également accroître les vulnérabilités dans d'autres domaines à l'égard d'autres aléas (Provitolo, 2009). La vulnérabilité urbaine ne désigne pas seulement le fait que la ville puisse être plus ou moins à même de subir des dommages dus aux aléas climatiques mais aussi le fait qu'elle puisse les engendrer, les amplifier ou leur donner des caractéristiques particulières du fait de ses propres évolutions qui interagissent avec le changement climatique pour exacerber les risques et accroître les vulnérabilités urbaines actuelles et futures.

Le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels au cœur des interactions entre vulnérabilité et décisions politiques

Les risques climatiques que les systèmes urbains contribuent eux-mêmes à générer, voire à renforcer, appellent des réponses de la part des acteurs, pour autant qu'ils soient passés par le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels. Car en préalable à la prise de décision et à l'action destinée à lutter contre le changement climatique et ses impacts, encore faut-il que les villes aient procédé à l'identification de leurs vulnérabilités et à la caractérisation des effets potentiels du changement climatique à leur échelon pour se constituer un socle cognitif pertinent et éventuellement ajuster leurs comportements en retour, autrement dit s'y adapter. En d'autres termes, il faut que les risques aient été perçus, représentés et/ou fait l'objet d'une expertise, avant de rétroagir avec les comportements, tant individuels qu'institutionnels, pour éventuellement les faire évoluer, et susciter des décisions politiques, étant entendu que les rétroactions avec le contexte local (culturel, social, économique, écologique, géographique, politique, etc.) sont très fortes (voir *Figure 42. Le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels au cœur des interactions entre vulnérabilité et décisions politiques* ci-dessous). Ces questions renvoient à celles portant sur les modalités de production et de circulation des connaissances, sur la réception des savoirs experts et plus largement aux questionnements sur les liens entre savoirs, comportements et actions. En effet, les stratégies de réduction des aléas et des risques comme les stratégies d'adaptation sont des

processus itératifs qui incluent le développement de l'information, l'augmentation de la prise de conscience, la planification, la conception, la mise en œuvre et le contrôle de l'information.

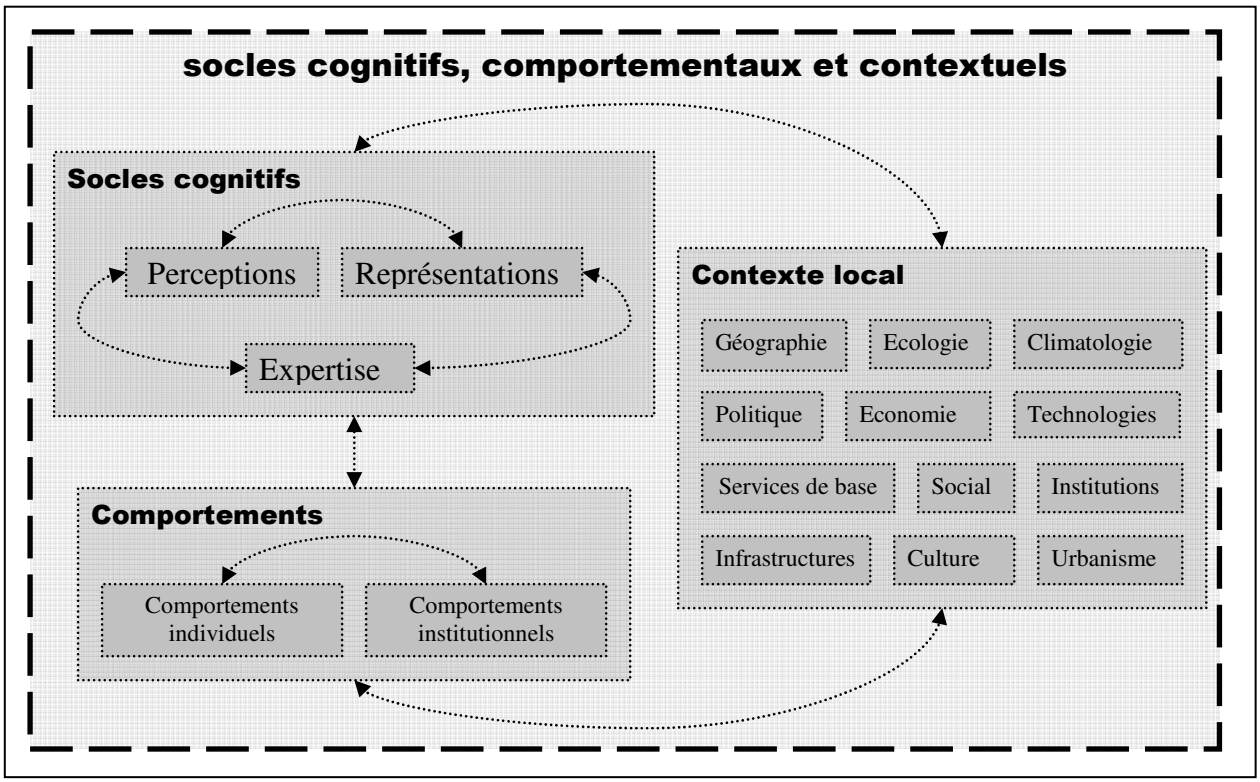


Figure 42. Le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels au cœur des interactions entre vulnérabilité et décisions politiques
Source : B. Quenault et al., 2011.

Le système de connaissances, qui fournit des cadres pour évaluer les vulnérabilités systémiques, sociales et économiques qui surviennent dans les systèmes urbains et pour identifier comment les risques et les vulnérabilités déployés sur un territoire constituent des limites au développement, revêt une importance dans la compréhension et la représentation des aléas climatiques se transformant en risques pour une communauté donnée. Du point de vue de l'action collective, la question climatique est inéluctablement marquée par l'incertitude qui peut alimenter des controverses scientifiques et sociales qui se nourrissent l'une l'autre et mettent à l'épreuve tant la fiabilité de la représentation du phénomène que la légitimité des actions collectives engagées au nom de la représentation politique des citoyens.

En matière de changement climatique, la perception du risque par les citoyens et *in fine* par les décideurs politiques ne saurait être directement fondée sur leur expérience individuelle puisqu'il s'agit d'« *un signal impalpable au quotidien* », un « *concept de l'après-coup, qui relève du regard rétrospectif* » (Chapellaz et *al.,* 2010, 35) ; un changement climatique ne pouvant être identifié qu'après plusieurs décennies de recul, il ne peut donc être perçu par l'expérience vécue de tout un

chacun et sa perception, qui fait appel à des connaissances complexes, ne peut être que médiatisée par des modèles mentaux et culturels ; pour qu'il y ait une perception de la question climatique, il faut que la connaissance scientifique – complexe et partielle – « percole » dans la société tout entière et que cette dernière accepte de se fier aux discours institutionnalisés sur le sujet – ce qui ne renvoie pas qu'aux seuls discours scientifiques.

Ce problème de la « percolation » des savoirs sur le changement climatique est une question clé pour la perception du risque qui ne peut être que médiatisée par la construction ou la représentation scientifique et sociale – médiatique, administrative et politique – du phénomène. C'est d'ailleurs pour cette raison que peut se poser un problème de mise à l'épreuve de la représentation institutionnalisée car l'adhésion des citoyens à la nécessité de lutter contre le changement climatique supposent qu'ils aient confiance dans les différentes instances médiatrices qui assurent cette percolation (Chapellaz et *al.*, 2010, 34). Ce qui renvoie ici à la question des croyances ou du scepticisme des populations qui peuvent rendre difficile cette percolation d'un enjeu repéré et caractérisé par les scientifiques mais relayé par les médias et les acteurs politiques. De ce point de vue, la question du climato-scepticisme est elle-même difficile à appréhender car s'y manifeste tout un dégradé d'opinions qui va du « scepticisme malhonnête » au scepticisme distancié et constructif du « doute cartésien » en passant par le scepticisme de mauvaise foi des « idéologies contrariées » et le scepticisme rationnel de « dissonance cognitive » (Chapellaz et *al.*, 2010, 143)[70].

Ce large spectre de climato-scepticisme renvoie au problème de fond de la vulgarisation scientifique et, au-delà, à celui de pouvoir caractériser la gravité du changement climatique attendu pour les sociétés humaines et le rôle qu'elle doit prendre dans les prises de décisions. Sur le premier point, la possibilité d'une représentation scientifique valide est inséparable de la compétence scientifique, ce qui fait que les « non-compétents » sont nécessairement contraints à un moment donné de faire confiance aux compétents sur le sujet. Pour fonder leur confiance (ou justifier leur défiance), ils peuvent s'en remettre à la qualité des procédures collectives mises en place pour produire la connaissance et garantir le libre examen critique[71]. Sur le second point, il convient de distinguer les processus centrés sur l'établissement des connaissances scientifiques et ceux visant la délibération sur les actions à engager, les acteurs économiques et politiques pouvant adresser leurs questions aux experts, sans se prendre eux-mêmes pour des experts (Chapellaz et *al.*, 2010, 147-148). Il n'y a pas de lien mécanique entre l'évaluation du risque et la prise de décision politique en raison de l'irréductibilité des débats politiques et économiques à la science. La décision politique dépend en

[70] Cette attitude sceptique liée à la dissonance cognitive (Festinger, 1957), probablement la plus répandue concerne les « citoyens n'ayant aucune idée préétablie sur le sujet, faisant face à des flots d'informations contradictoires, et dont le réflexe naturel consiste à exploiter le principe d'incertitude pour ne rien faire et donc dénier l'évaluation scientifique initiale » (Chapellaz et *al*, 2010, 143).
[71] Sur ce terrain, le GIEC est allé plus loin que n'importe quel autre dispositif international d'expertise scientifique dans la recherche de procédures rigoureuses.

effet de nombreux autres facteurs, y compris philosophiques, qui relèvent d'une appréciation globale, et les opinions et choix de valeurs sociales y jouent un rôle décisif. Les sciences ayant vocation à traiter de faits normatifs (l'économie, le droit, la philosophie morale, l'éthique) ont ici un rôle d'expertise important, non pour se substituer aux décideurs, mais pour les éclairer sur les implications de leurs choix et sur la cohérence de ceux-ci avec leurs valeurs et leurs objectifs. Dans ce contexte, les attitudes de scepticisme ou de non-adhésion, qui peuvent se manifester à toutes les étapes de la prise de décision politique, doivent être mises à l'épreuve de leur pertinence au regard de leur adéquation aux faits et aux résultats acquis de la science, aux enjeux de l'action, aux valeurs individuelles et sociales cristallisées dans les institutions collectives (Chapellaz et *al.*, 2010, 146-147). En outre, une « vraie » compréhension des représentations profanes constitue une condition indispensable à la promotion de la lutte contre le changement climatique (Peretti-Wattel et Hammer, 2006). Or des problèmes de connaissance du phénomène de renforcement de l'effet de serre subsistent : une représentation sociale est une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, qui permet à chacun de s'inscrire dans son environnement, de lui donner du sens, pour s'orienter et guider ses actes (Jodelet, 1989). Cette connaissance est ancrée dans l'expérience ; en même temps elle lui donne sens, elle obéit à une logique propre, distincte de la pensée savante. Tout cela produit de nouvelles associations d'idées qui peuvent être complètement détachées de la réalité physique des phénomènes mais qui font sens pour l'individu[72]. Toujours est-il que ans frontière, invisible et en partie imprévisible, le changement climatique anthropique souligne la dépendance du pouvoir au savoir. En matière d'action face au changement climatique, le savoir est devenu un élément incontournable pour la légitimation sociale des décisions politiques. Et inversement, les débats entourant la question du changement climatique ont bien mis en lumière le fait que si les sciences augmentent le savoir, elles augmentent également l'incertitude et la prise de conscience du non-savoir de la société.

En amont des réponses politiques locales, le contexte local joue bien entendu un rôle également déterminant sur les risques climatiques eux-mêmes (et non plus seulement sur leurs représentations ou perceptions) en ce qu'il interagit non seulement avec les aléas susceptibles de se manifester au sein du système urbain mais aussi avec chacune des composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité, capacité d'adaptation) du système. Par conséquent, le contexte local conditionne très fortement la vulnérabilité d'ensemble du système, en ce que celle-ci est une caractéristique intrinsèque du système qui certes préexiste à l'aléa mais coévolue aussi avec lui. Plusieurs exemples peuvent illustrer ces interactions entre les évolutions du contexte urbain local et

[72] Par exemple, le rapprochement entre le renforcement de l'effet de serre et le problème du trou de la couche d'ozone peut s'expliquer par le fait que le second a été médiatisé en premier : on pense donc le neuf avec l'ancien en faisant des rapprochements qui font sens (Perreti-Wattel et Hammer, 2006). De plus, on peut émettre l'hypothèse que l'utilisation dans les médias télévisés d'images de fumées d'usines, pots d'échappements, déchets qui brûlent peut conduire à un raccourci entre la chaleur émise et l'effet de serre, tout en ignorant le rôle des GES.

l'évolution de la vulnérabilité aux aléas climatiques, notamment au regard de la modification des impacts (variation de l'exposition et/ou de la sensibilité)[73]. Mais les évolutions du contexte urbain local peuvent également faire évoluer sa vulnérabilité aux aléas climatiques en modifiant cette fois-ci sa capacité d'adaptation, une des dimensions essentielles de la résilience proactive. La capacité adaptative est en effet influencée par un certain nombre de déterminants locaux (accès à l'information, existence de capital social, niveau de richesse économique, connaissances et aptitudes, accès aux technologies, existence d'infrastructures, et d'institutions) (Smit et *al.*, 2003) qui agissent pour réduire ou améliorer la possibilité de s'adapter (Kelly et Adger, 2000), et qui varient à la fois dans le temps et dans l'espace (Smit et *al.*, 2001).

Des différences importantes de capacité d'adaptation peuvent ainsi être observées suivant le type de territoire urbain, autrement dit le contexte local, considéré. Pour certains auteurs, les villes riches des pays développés représenteraient *a priori* des milieux disposant de plus fortes capacités adaptatives : elles auraient accès à des ressources financières adéquates et des économies plus diversifiées ; la scolarisation y serait forte et les compétences élevées ; l'accès aux technologies, aux institutions et aux services (santé, éducations, sociaux, etc.) y serait aisé ; on y trouverait une solide capacité d'intervention en cas d'urgence et des institutions très développées. Pour d'autres auteurs, certains aspects sociaux (atomisation et dissolution des communautés et des solidarités associées etc.) amoindriraient au contraire les capacités adaptatives de ces systèmes urbains. De plus, d'autres caractéristiques de ces villes accroitraient la vulnérabilité de leurs populations : celles-ci y seraient davantage soumises à un coût de la vie élevé et dépendantes d'infrastructures essentielles dont beaucoup seraient soit vétustes, soit vieillissantes et/ou inadaptées au climat actuel et futur ; leurs populations se trouveraient aux prises avec des stress thermiques et des problèmes de qualité de l'air plus graves alors même qu'elles compteraient davantage de personnes âgées. Enfin, la concentration et la centralisation de réseaux à haut niveau de technicité et les dépendances multiples à ces réseaux et à des technologies avancées (communication, électricité etc.) rendraient les villes développées extrêmement fragiles à toute perturbation non anticipée ou non immédiatement maîtrisable. Le nombre élevé de victimes en France lors de la canicule de 2003 et les difficultés éprouvées par l'aide sociale et le système de soins à réagir dans un pays pourtant considéré comme ayant un excellent

[73] Les lignes d'approvisionnement très étendues combinées à des pratiques d'affrètement en juste-à-temps peuvent se traduire par des pénuries de biens de première nécessité lorsque les transports sont interrompus ou perturbés par des événements météorologiques extrêmes. Les sources d'énergie centralisées, les lignes de distribution plus longues, et un réseau électrique interconnecté de manière croissante accroissent la vulnérabilité aux pannes d'électricité lorsque la demande d'électricité est forte – au cours des vagues de chaleur, par exemple – ou lorsque des orages se produisent. L'impact des coupures de courant a également augmenté avec la dépendance accrue des logements et des bureaux aux systèmes de contrôle et de communication électroniques. La concentration de population dans de grandes villes créée une forte demande d'eau et peut exercer des pressions sur l'offre locale, rendant les pénuries possibles dans des conditions de sécheresse. L'extension urbaine et la compétition pour les sites de construction ont conduit à construire dans des zones inondables ou sur des pentes raides qui sont vulnérables aux extrêmes météorologiques (inondations, glissements de terrains, etc.). Les citadins à faible revenu habitant des constructions bas de gamme et mal isolées connaissent des risques accrus liés aux vagues de chaleur et autres extrêmes météorologiques. Les personnes sans domicile n'ont quasiment aucune protection contre ces événements.

système de santé publique a posé la question de l'efficacité des systèmes techniques et organisationnels à assurer la protection des personnes et des biens dans des situations aujourd'hui jugées extrêmes, mais demain banalisées et peut être largement dépassées. En conséquence, ces centres urbains sont sur certains plans plus vulnérables que la plupart des villes des PED ou des collectivités rurales qui ne présentent pas les mêmes inconvénients et qui, tout en disposant de moins de ressources technologiques, institutionnelles ou financières, ont néanmoins l'avantage de bénéficier de capacités adaptatives non négligeables comme la présence d'un capital social et de réseaux sociaux plus solides, d'un attachement fort de la population à la collectivité, de connaissances locales et traditionnelles et de taux de bénévolat importants.

En outre, les expériences vécues, qui dépendent étroitement du contexte local, agissent elles aussi clairement sur la capacité d'adaptation. Les populations exposées à un climat très variable ont généralement une capacité d'adaptation plus grande au changement climatique. De plus, les pratiques socioculturelles et les habitudes peuvent influencer le risque de surmortalité en période de canicule. En effet, on constate que dans les régions de fortes températures, la population est acclimatée et adapte ses comportements en fonction des fortes chaleurs.

Un événement unique peut avoir des incidences tant positives que négatives sur la capacité d'adaptation (Smit et *al.*, 2001). L'expérience acquise lors, par exemple, d'inondations, d'ondes de tempêtes ou encore de vagues de chaleur, devrait permettre de mieux se préparer à d'autres événements de ce type et donc accroître la capacité d'adaptation du système ou de sa population. Par contre, si le même événement a épuisé les ressources disponibles pour aider les personnes sinistrées, la capacité d'adaptation pourrait se trouver amoindrie jusqu'à ce que les moyens financiers soient reconstitués. Les expériences vécues peuvent également jouer un rôle dans la perception des risques, aux niveaux tant individuels qu'institutionnels, phénomène qui agit lui aussi sur la probabilité de recours à une adaptation proactive (Grothmann et Patt, 2005). Mais celles-ci ne débouchent pas nécessairement sur un apprentissage en réponse aux risques qui peuvent être l'objet d'un déni, d'un oubli, ou d'une occultation de la catastrophe. En outre, l'apprentissage lié aux retours d'expériences présente lui-même des limites que l'on pense, par exemple, au dispositif juridique français en matière de protection des risques naturels : si l'on prend le risque inondation, que signifie en effet le retour d'expérience si les responsables locaux n'appliquent pas les plans de prévention du risque inondation (PPRI) et n'empêchent pas la construction en zone inondable ? Dans ce cas de figure, le processus d'apprentissage, loin de réduire la vulnérabilité par le renforcement des capacités d'adaptation locales, accentue la préparation de la catastrophe (Pigeon, 2009). Cela souligne également les limites de la gestion locale et pose la question de la culture du risque.

Les réponses politiques face au changement climatique et ses impacts

Le « filtre » des socles cognitifs, comportementaux et contextuels une fois franchi, les leviers à actionner par les territoires pour juguler les risques climatiques, autrement dit élaborer et mettre en œuvre leurs réponses politiques (voir *Figure 43. Les réponses politiques face au changement climatique et ses impacts* ci-dessous), varient de façon importante selon les variables sur lesquelles il s'agit d'agir (actions sur les responsabilités, autrement dit les causes anthropiques du changement climatique, ou actions sur les risques climatiques, en particulier leurs manifestions révélatrices des facteurs de vulnérabilité), les échelles spatiales et temporelles d'appréhension du problème, et les niveaux du système politico-administratif d'où sont émises les recommandations (Bertrand et Larrue, 2007 ; Bertrand et Rocher, 2007).

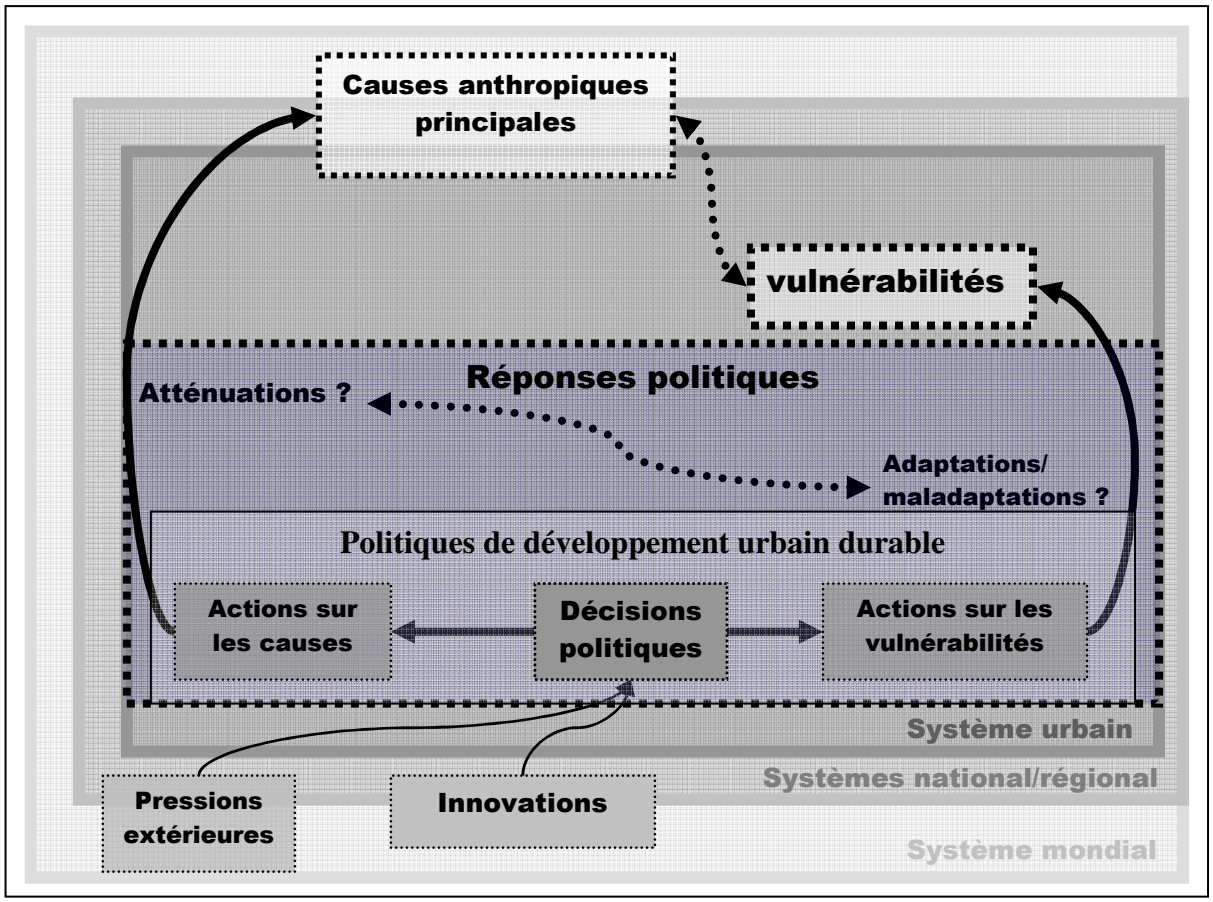


Figure 43. Les réponses politiques face au changement climatique et ses impacts
Source : Quenault et *al*., 2011.

Les décisions politiques destinées à agir sur les risques climatiques identifiés comme des priorités au regard du contexte local ou des pressions extérieures (engagements, lois ou réglementations internationaux, communautaires et nationaux, etc.) comportent deux volets complémentaires et indissociables : un volet « atténuation » qui vise à agir directement sur les causes du changement climatique, autrement dit sur les responsabilités, et un volet « adaptation » qui vise à agir sur les

facteurs de vulnérabilité, les deux volets pouvant là aussi interagir (il peut y avoir synergie ou contradiction entre les mesures). Les réponses dépendront aussi dans une certaine mesure d'innovations technologiques (notamment technologies d'atténuation ou d'adaptation) ou organisationnelles qui pourront être mobilisées localement pour relever le défi climatique. Les échelles de décision et d'action peuvent toutefois être différentes selon que l'on cherche à limiter l'impact de l'homme sur le climat en atténuant les causes principales du phénomène de changement climatique (mesures d'atténuation) ou que l'on vise à limiter les impacts néfastes du climat en réduisant la vulnérabilité aux effets présents et à venir du changement climatique (mesures d'adaptation). L'atténuation cherche à agir sur le phénomène global du changement climatique ; les décisions doivent donc être principalement prises aux échelles internationales et nationales dans la mesure où « *les villes n'auront pas d'influence sur le changement climatique, sauf très indirectement et de manière globale via les politiques et mesures de réduction des gaz à effet de serre* » (Masson, 2010, 151). Les mesures seront alors locales et transposables dans toute collectivité (réduction des consommations d'énergie, amélioration de l'efficacité énergétique, développement des énergies renouvelables, constructions de bâtiments à énergie positive, développement de l'éco-mobilité,…). L'adaptation, quant à elle, est une réponse aux impacts locaux du changement climatique qui dépendent des caractéristiques spécifiques du territoire et appellent des politiques préventives contre les transformations régulières et irréversibles des espaces de vie ainsi que des mesures d'urgence contre les événements extrêmes de plus en plus fréquents et dévastateurs. Ainsi, l'adaptation qui nécessite une prise de décision aux échelles des collectivités locales répond au principe du « *penser global, agir local* », employé par René Dubos lors du premier sommet de la Terre à Stockholm en 1972. Compte tenu du pas de temps des politiques d'atténuation et des pratiques de développement non durables actuelles, il est clair désormais que les émissions mondiales de GES continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies (GIEC, 2007). On sait en outre que, quels que soient l'ampleur des efforts de réduction des émissions de GES qui seront entrepris dès d'aujourd'hui, les effets d'inertie propres au système atmosphérique induiront inéluctablement une évolution des conditions climatiques actuelles (Rahmstorf, 2007 ; Parry et *al*., 2008 ; Solomon et *al*., 2009). Par conséquent, il est de plus en plus reconnu que les villes et leurs résidents n'auront pas d'autre choix que de s'adapter aux impacts du changement climatique. Cette vision coïncide avec un appel politique de plus en plus fort à l'adaptation principalement dans les pays et les villes qui sont à même d'être le plus sévèrement touchés par le changement climatique (Pielke et *al*., 2007). Le but est de faire du processus d'adaptation une composante des cadres de prise de décision et de planification en place (PNUD, 2005) en ce qu'elle constitue une réponse aussi importante que complémentaire à l'atténuation, et qu'il n'y a pas lieu de les opposer comme options alternatives comme cela a pu être fait dans le passé. Depuis le début des débats académiques et politiques pour envisager des réponses

sociétales plus appropriées au changement climatique, l'adaptation n'a pas été une question prééminente et les discussions limitées sur le sujet n'ont de plus que peu porté l'attention sur les villes (IIED, 2007). Les craintes étaient fortes qu'une attention accrue à l'adaptation ne réduise la pression sur les actions d'atténuation et donc favorise la poursuite des émissions de GES dans l'atmosphère. La perspective a aujourd'hui profondément changé. Les deux stratégies sont désormais considérées comme complémentaires et étroitement liées au plan des principes : la crainte des impacts est en effet la raison pour laquelle une action est nécessaire dans les deux cas. Une réponse efficace au niveau des villes doit par conséquent combiner des mesures d'atténuation « pour éviter l'ingérable » et d'adaptation « pour gérer l'inévitable » (World Bank, 2007). Au regard de l'urgence à se prémunir contre les effets néfastes du changement climatique, l'adaptation est de moins en moins perçue comme une simple option, mais comme l'une des données incontournables des trajectoires de développement durable (Smit et *al*., 1999 ; Magnan, 2008 ; Dovers, 2009) en ce que « *chercher à s'adapter constitue un véritable moteur pour la mise en œuvre de la soutenabilité* » (Magnan, 2009). Les collectivités locales peuvent à cet égard jouer un rôle déterminant pour au moins quatre raisons (ADEME, 2009) : elles ont un rôle majeur dans les investissements à longue durée de vie (en particulier les bâtiments et les transports, les deux principales sources d'émissions de GES) ; elles répartissent et organisent les activités sur le territoire grâce aux décisions d'urbanisme et d'aménagement qu'elles prennent ; les actions d'adaptation au changement climatique sont principalement d'ordre local ; enfin, les collectivités ont un contact direct avec les citoyens. Il apparaît toutefois que, si le mot d'ordre de l'adaptation au changement climatique est de plus en plus intégré dans les discours des collectivités, il n'est encore que peu mobilisé dans les référentiels et stratégies d'actions. Comment expliquer ce décalage important entre le discours et les actes ?

La réponse en matière d'adaptation au changement climatique se formule localement et dépend entre autres des jeux d'acteurs locaux et des solutions techniques et économiques disponibles. Réduire la vulnérabilité urbaine au changement climatique nécessite de disposer de mécanismes en place, de technologies, d'expertise et d'autres ressources disponibles pour compléter chacune des parties de ce processus. Toutefois, l'existence d'options d'adaptation ne signifie pas que chaque communauté, secteur, ville, région ou pays vulnérable y a accès ou est en position de les mettre en œuvre. Le concept de capacité adaptative a été développé pour refléter cette prise de conscience. D'un point de vue organisationnel, la création d'une mission responsable de la question « climat » et/ou d'un groupe de travail consacré à la connaissance et à la gestion des impacts liés au changement climatique constitue le premier pas vers une prise en charge de cet enjeu par les pouvoirs locaux ; il convient néanmoins d'apprécier les principes et modalités de fonctionnement de cette instance (caractère plus ou moins transversal, compétences et responsabilités plus ou moins importantes et

bien identifiées, etc.) (voir *Encadré 14. Différents facteurs indicatifs du degré d'engagement des collectivités locales dans une politique climat effective* ci-dessous).

Niveau d'engagement	ORGANISATION	POLITIQUE MISE EN PLACE	PARTICIPATION	INVESTISSEMENT /FINANCEMENT	DISPOSITIF D'ÉVALUATION
A	Création d'une cellule transversale chargée de l'élaboration du Plan d'action sous la responsabilité d'un élu	Définition et vote d'une stratégie, assortie d'objectifs, d'un Plan d'action et d'un budget	Coopération active et structurée avec les divers services impliqués, les groupes cibles et avec les partenaires extérieurs	Mise en place d'instruments municipaux de financement environnemental et généralisation de nouveaux modes de financement	Contrôle et évaluation annuelle de la mise en œuvre sur l'ensemble du territoire Rapport périodique au Bureau de la Collectivité locale
B	Personnes "relais – climat" désignées dans les différents services	Décisions votées par le Conseil à l'appui d'une étude de quantification territoriale des émissions de gaz à effet de serre et d'un diagnostic de vulnérabilité	Réflexion engagée pour impliquer concrètement les acteurs locaux publics et privés.	Utilisation des outils et moyens pour mettre en œuvre les actions prioritaires	Fixation d'objectifs de réduction d'émissions et de la vulnérabilité sur l'ensemble du territoire
C	Un élu conduit la Politique "Climat" (son unique mission) Un coordinateur Climat dans l'administration	Diagnostic plus poussé des actions déjà menées en faveur de la réduction des émissions de CO2	Cibles bien identifiées Coopération active et structurée entre les divers services impliqués pour échanger sur la problématique du climat	Recensement des outils de financement spécifiques mobilisables	Réalisation d'un bilan d'émissions sur le patrimoine de la collectivité
D	Un élu est en charge du "Climat" (avec d'autres missions)	Début de diagnostic pour repérer et faire ressortir les actions déjà entreprises pour lutter contre le changement climatique	Actions dispersées pour informer les services de la collectivité et favoriser sa participation	Financement au coup par coup sur ressources budgétaires classiques	Réflexion en cours et ébauche d'actions sur le "patrimoine"
E	Pas de responsable identifié	Le climat n'est pas cité dans la politique municipale. Des actions ponctuelles sont menées de manière "anonyme"	Pas de contacts avec les cibles	Pas de réflexion spécifique	Pas d'évaluation

Encadré 14. Différents facteurs indicatifs du degré d'engagement des collectivités locales dans une politique climat effective

Source : ADEME, Un PCT pour mon territoire

Mais reste ensuite à déterminer le type de démarche à mettre en œuvre pour actionner les leviers d'actions de l'adaptation au changement climatique (voir *Figure 44. Les leviers d'action de la ville pour l'adaptation au changement climatique,* ci-dessous).

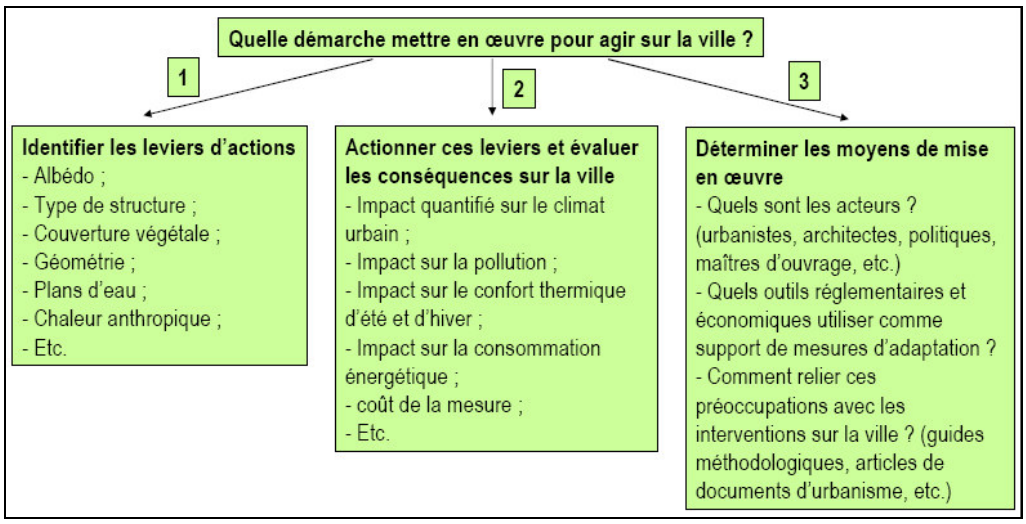


Figure 44. Les leviers d'action de la ville pour l'adaptation au changement climatique,
Source : Observatoire savoyard du changement climatique, 2010, 1 (repris du CSTB).

Pour bien comprendre comment les systèmes urbains s'emparent du « problème climat », particulièrement dans sa dimension « adaptation », il apparaît important de bien saisir les modalités locales de production et/ou de rassemblement de connaissances en vue de constituer les prémisses d'une culture du changement climatique sur le territoire, ainsi que nous l'avons vu précédemment. En effet, un point commun à toutes les dynamiques locales visant la prise en compte des impacts liés au changement climatique réside dans la constitution préalable d'un socle de connaissances, même minimal, sur ces effets potentiels pour le territoire urbain et les principaux enjeux concernés par ces effets (identification des vulnérabilités associées). L'acculturation locale à la question climatique s'appuie nécessairement sur une combinaison entre des éléments de « connaissance objective » (projections climatiques territorialisées) et des éléments plus « subjectifs » liés aux particularités du territoire en termes de vulnérabilités comme de ressources spécifiques (notamment symboliques, identitaires, etc.). Ce socle de connaissance s'élabore, par exemple, sur la base de données variables, rassemblant les résultats d'études « générales » (travaux du GIEC, de l'OCDE, de la Commission européenne, des Observatoires nationaux comme l'ONERC, etc.) et de savoirs scientifiques et empiriques produits localement (production collégiale, veille interne, mise en débat, contre-expertise associative, commande de savoir extérieur, équipe de recherche locale, observations produites par des réseaux naturalistes, etc.), les connaissances empiriques locales revêtant une dimension vécue et mémorielle (liées à l'histoire du territoire, à la mémoire des catastrophes…). Les réponses varient de façon importante selon que l'on se base sur la connaissance objective et la perspective seule du changement climatique ou que l'on se situe, au contraire, dans la complexité du devenir du territoire avec une dimension affective nécessairement forte. Dans ce contexte, l'imposition de solutions « par le haut » s'avère des plus délicates puisque, contrairement à l'atténuation (qui peut être ramenée à un énorme défi énergétique dont les solutions techniques sont en large partie reproductibles et transposables), la pertinence des réponses locales en termes d'adaptation dépendront très largement

des valeurs associées aux effets et impacts potentiels du changement climatique. Or, ces représentations locales peuvent largement varier face à des évolutions climatiques équivalentes puisque la construction locale de connaissances sur le changement climatique et ses conséquences peut s'élaborer de manière très diverse et que son partage par tous n'est pas automatique : la question du changement climatique peut localement aussi bien constituer un élément rassembleur qu'un (ré)activateur de débats et de controverses liées à l'avenir du territoire (acculturation coopérative *versus* conflictuelle). On observe ainsi une hétérogénéité forte dans les réactions et les réponses des territoires face à des enjeux « climatiques » similaires, constituant des trajectoires différenciées entre des choix plus « conservateurs », plus « innovants », plus « opportunistes », plus « précautionneux », etc. De ce point de vue, plusieurs facteurs conditionnant l'action en réponse aux effets du changement climatique apparaissent particulièrement déterminants et étroitement liés localement :

- Tout d'abord, au regard du problème de manque de « matérialité » du changement climatique, phénomène « impalpable », invisible dans le quotidien des individus, l'expérimentation locale d'une catastrophe climatique et de ses conséquences, en termes de crise sanitaire et socio-économique, apporte une dimension « vécue » aux effets potentiels de cet aléa et peut donner, de fait, beaucoup de poids pour faciliter la formulation de stratégies locales d'adaptation.
- Ensuite, les enjeux soulevés par le changement climatique viennent localement se superposer à un ensemble d'autres « problèmes » et de défis à relever par les collectivités territoriales et, dans les faits, les questions d'acceptabilité sociale, de viabilité politique et de faisabilité économique des réponses envisagées sont bien évidemment cruciales. Ici encore, la dimension « vécue » des impacts du changement climatique peut faire varier considérablement les niveaux envisageables d'acceptabilité et donc de viabilité des réponses envisagées.
- En outre, il y a une impossibilité de raisonner à partir d'un seul type de dommage, ce qui fait que l'adaptation ne peut pas être seulement conçue comme une réponse au changement climatique, mais doit également tenir compte de multiples facteurs lesquels peuvent donner lieu à des synergies ou à l'inverse générer des conflits. Comprendre les décalages entre les discours politiques concernant la prévention des dommages liés au changement climatique et leurs matérialisation territoriales très limitées ou partielles suppose de prendre en compte les arbitrages entre plusieurs types de dommages que les acteurs politiques doivent opérer.
- De plus, les liens entre les dommages, les processus, et les mesures de gestion n'apparaissent pas immédiats (contrairement à une digue par rapport à une inondation), ce qui rend la justification politique beaucoup plus difficile, et fait qu'une logique de « petits pas » continue largement de prévaloir dans ce domaine. Les responsables des collectivités territoriales observent une certaine prudence, voire un attentisme, dans leur investissement, en attendant

notamment un engagement réciproque des services de l'Etat et une clarification des responsabilités de chacun (particulièrement en ce qui concerne la réparation…). Toutefois, au regard de l'action, l'identification d'opportunités liées aux effets du changement climatique pour le territoire comme l'élaboration de stratégies « sans regret » constituent des formes d'action à coûts nuls ou négatifs qui peuvent être les prémisses d'autres réponses plus ambitieuses et/ou moins « faciles ».

Ces éléments majeurs renvoient en définitive au problème fondamental de l'acceptabilité des politiques qui visent officiellement à gérer les dommages liés au changement climatique, politiques d'autant plus délicates à faire passer que les incertitudes sont particulièrement fortes au regard des impacts locaux du changement climatique. Toutefois, le contexte actuel d'émergence d'une véritable prise en compte des enjeux du changement climatique (atténuation et adaptation) constitue de notre point de vue une opportunité – certes non dénuée de contraintes – pour les villes de revisiter leurs stratégies de développement à moyen et long termes et de s'inscrire dans des trajectoires de développement durable fondées sur des politiques d'adaptation plus innovantes et courageuses. Mais tout dépend du schéma implicite de représentation du couple vulnérabilité/adaptation que les responsables locaux ont en tête. A notre sens, seule une représentation systémique interdisciplinaire reconnaissant les causalités circulaires et les boucles de rétroactions, autrement dit les effets indésirés en retour des politiques climatiques, est à même de promouvoir la résilience urbaine proactive au changement climatique *via* des réponses locales effectives. En effet, l'adoption d'une représentation systémique des phénomènes en jeu est plus à même de contribuer à améliorer la résilience urbaine au travers de la formulation de stratégies d'adaptation et d'atténuation locales plus étroitement reliées et, qui plus est, intégrées à des politiques structurantes de développement urbain durable.

Pour des politiques locales d'adaptation/résilience proactive intégrées à la durabilité urbaine

La question de la temporalité et de la cohérence des stratégies d'adaptation envisagées avec les objectifs affichés de réduction de la vulnérabilité et avec d'autres politiques publiques, notamment celles se réclamant du développement durable (aménagement, planification urbaine, etc.) est ici en jeu ce qui renvoie au fait que la question de l'adaptation ne peut s'affranchir de celle des échelles : Quelles échelles spatiales et quelles échelles temporelles sont pertinentes pour analyser l'adaptation ? Et au-delà, sur quelles articulations d'échelles (spatiales, temporelles, spatio-temporelles) fonder la décision et l'action ? Cela renvoie aussi à la question de l'« intégration »[74] (« *mainstreaming* ») de l'adaptation (ou des risques d'ordre climatique) de façon à ce qu'elle fasse partie des politiques, des

[74] Selon Magnan, « *l'intégration est le processus qui vise à faire converger autour de finalités communes les composantes d'un même système, composantes qui peuvent à la base avoir des intérêts plus ou moins compatibles. L'intégration est ainsi reconnue comme l'un des principes-clés de la soutenabilité* » (Magnan, 2009, p. 22).

programmes et des opérations élaborés à tous les niveaux du processus de prise de décision, et en particulier des politiques de développement urbain durable.

En premier lieu, l'adaptation revêt une dimension multiscalaire liée à la complémentarité des différentes échelles spatiales pour mettre en œuvre des solutions pragmatiques, réalistes et pertinentes : Si l'échelle locale, en écho au principe politique de subsidiarité**,** est incontournable, elle ne saurait se suffire à elle-même et nécessite une interconnexion avec les échelles supérieures (régionale, nationale et internationale) ; à l'inverse, les choix opérés aux échelles plus globales nécessitent de s'imprégner des problématiques locales. C'est toute la question des échelons territoriaux au-delà ou en-deçà desquels les objectifs et les formes de l'adaptation ne sont plus adéquats et doivent être relayés par d'autres modalités d'adaptation envisagées à d'autres niveaux. Les diverses approches liées aux différentes échelles supposent dès lors des modes de réalisation différents et ne doivent pas nécessairement avoir le même poids dans la stratégie d'ensemble, c'est-à-dire dans la manière de planifier et de mettre en œuvre l'adaptation. Selon les caractéristiques du territoire, les objectifs et les types d'acteurs considérés, certaines échelles et modalités d'intervention afférentes peuvent être des angles d'entrée privilégiés pour que le système dans son ensemble s'adapte (Magnan, 2009).

En second lieu, il s'agit ici de questionner les pas de temps de l'adaptation, ses rythmes, sachant que, dans la mesure où il est quasiment impossible de faire clairement la distinction entre les risques inhérents à la variabilité climatique actuelle et ceux spécifiquement liés au changement climatique futur, le concept d'adaptation renvoie à ces deux enjeux aux horizons temporels différents (Smithers et Smit, 1997, 131[75]). Dans la mesure où l'adaptation se rapporte ici au thème du changement climatique qui place le temps long au cœur du débat, elle est le plus souvent entendue dans sa dimension anticipative, étant entendu que les stratégies d'adaptation qui se révèleront efficaces (ou pas) à long terme (quelques décennies) nécessitent d'être pensées et parfois mises en œuvre dès à présent. On peut ainsi se demander si les options à développer aujourd'hui doivent nécessairement répondre à des enjeux futurs et si elles doivent elles-mêmes perdurer dans le temps ? Pour répondre à cette question, il apparaît que, là encore, la pertinence des stratégies d'adaptation repose sur la complémentarité des échelles temporelles. N'envisager que le long terme sans considérer les enjeux présents (qui peuvent également répondre à des enjeux d'avenir et relèvent finalement eux aussi de l'adaptation) est non pertinent, de même que l'inverse est vrai (Magnan, 2009). Des options de court terme (la climatisation pour reprendre un exemple classique d'adaptation aux températures élevées), si elles sont immédiatement opérationnelles, peuvent se révéler contre-

[75] « The concept of adaptation relates as much to current climatic variability as it does to long term climatic change » (Smithers et Smit, 1997, 131).

productives sur la durée (parce que contraires aux efforts d'atténuation ou inadéquates au regard des conditions d'avenir). De telles options ne sont pas pour autant impérativement à proscrire, car elles peuvent paradoxalement constituer une étape dans une stratégie d'évolution de la trajectoire de développement plus étalée dans le temps (modification de la structure économique, par ex.) (Magnan, 2009). Mais de la même manière que pour les échelles spatiales, toutes les échelles temporelles ne peuvent être abordées par une même stratégie d'adaptation conjointement et avec autant d'intensité. L'une des raisons, par exemple, est que les investissements de long terme peuvent entrer en conflit avec des besoins économiques plus immédiats. Il y a donc là aussi un compromis à trouver, ce qui revient à privilégier un type de politique/d'action plutôt qu'un autre, et ce compromis à la fois variera d'un contexte à un autre et évoluera dans le temps au sein d'un même territoire (Magnan, 2009).

Un corollaire de cette question de la temporalité est celle des formes de l'adaptation au sein desquelles il convient notamment de distinguer les réponses ponctuelles *post*-crise (approche réactive par projets) des réponses proactives (exercice d'anticipation prospective, programmation, etc.). La majeure partie de l'attention analytique ou politique est donnée à l'adaptation anticipatrice ou proactive, c'est-à-dire à la prise d'action visant à réduire la vulnérabilité à un aléa avant qu'il ne se traduise par des impacts indésirables. L'adaptation anticipatrice ou planifiée, antinomique des stratégies d'action au coup par coup, sans vision prospective, permet de créer de la continuité dans le processus de développement, d'atténuer les effets de ruptures que pourraient notamment générer les perturbations climatiques ponctuelles (événements extrêmes) et graduelles (élévation des températures, réduction des précipitations…). En vue de susciter une telle continuité, il est indispensable de ne pas dissocier l'adaptation du concept de durabilité et, au-delà, de ne pas appréhender le changement climatique indépendamment du développement durable. A cet égard, l'amélioration de la résilience proactive, qui dépend de la faculté d'apprentissage et d'adaptation d'un territoire, peut être à la fois un facteur de réduction de la vulnérabilité au changement climatique et un facteur de durabilité, voire même représenter la « condition critique » de toute trajectoire de développement durable (Godard, 1996)[76]. La résilience proactive, ainsi que nous l'avons déjà souligné, vise prioritairement à éviter de créer les conditions de futures catastrophes, catastrophes qui lorsqu'elles surviennent peuvent compromettre parfois pour très longtemps toute perspective de développement, a fortiori durable. Reste néanmoins la question de savoir comment inscrire les logiques de la résilience proactive dans celles de la soutenabilité, posant ainsi la question de ce que les anglo-saxons nomment le « *mainstreaming »,* « intégration » en français.

[76] Ainsi que Godard l'a souligné, « *pour être soutenable, le développement doit procéder de façon que l'organisation des systèmes éco-sociotechniques soit capable de résister à une variété de perturbations ou fluctuations imprévues, quitte à se réaménager à cette occasion ; ce serait donc la propriété de résilience qui serait la condition critique de soutenabilité* » (Godard, 1996, 33).

La résilience proactive d'un système urbain aux impacts futurs du changement climatique, qui inclut sa capacité d'adaptation, peut être appréciée *via* une analyse des stratégies de réponses adoptées, et en particulier du caractère plutôt défensif (tendance à vouloir maintenir l'existant) ou offensif (tenter de modifier, voire de rompre avec l'existant) des mesures d'adaptation envisagées (voir *Encadré 15. Série d'actions d'adaptation, des plus anticipées aux plus réactives* ci-dessous).

- **Prévenir** : action prise pour réduire la probabilité d'apparition d'un impact climatique (exemple : élever les défenses contre les inondations) ;
- **Préparer** : action prise pour améliorer la connaissance des risques et opportunités climatiques, pour réduire la vulnérabilité et améliorer la résilience (exemple : sensibilisation des habitants) ;
- **Répondre** : action prise en réponse à un évènement climatique pour limiter les conséquences de l'évènement (exemple : restriction des consommations d'eau en période de sécheresse) ;
- **Réparer** : action prise après un événement climatique pour permettre un rapide et rentable retour à la normale ou un état plus durable (exemple : améliorer la résilience en cas d'inondation en entreprenant des réparations des dommages).

Encadré 15. Série d'actions d'adaptation, des plus anticipées aux plus réactives

Une faible résilience proactive se traduit ainsi souvent par le primat de stratégies d'adaptation défensives, visant à sauvegarder ce qui peut l'être, par une gestion de l'urgence teintée de fatalisme et d'attentisme, par une difficulté à se projeter dans l'avenir. Face aux enjeux locaux du changement climatique, les villes peuvent par conséquent choisir de se fier à leur « résilience réactive » et opter pour des actions « spontanées » ou « autonomes » d'adaptation intervenant *ex post*, une fois que le phénomène aura fait sentir ses impacts ; les villes espèrent alors que leur système de gestion des risques fondé sur les systèmes d'alerte et d'organisation des secours leur permettra de « faire face » en cas d'occurrence d'un aléa. Il s'agit-là d'une modalité de réponse du système urbain « après coup », une fois le choc subi. A titre d'illustration, le Plan Canicule élaboré par le Ministère français de la Santé suite à la canicule de 2003, qui s'applique aussi au niveau national que local, constitue un exemple de mesure d'adaptation « en temps de crise » ayant permis de limiter les impacts sanitaires de la petite canicule de 2006. Ce plan, qui définit des actions de prévention, de système d'alerte en cas de vague de chaleur et de gestion de crise (Champiat, 2008), édicte des conseils de prévention à l'attention des professionnels de la santé et des particuliers, et définit quatre niveaux d'alerte dans la gestion de crise, selon les informations fournies par Météo France relatives aux températures : vigilance, alerte, intervention et réquisition, et permet l'organisation des secours. Toutefois, en matière de risque, anticiper et, lorsque c'est possible, prévenir est plus efficace que de subir et de réparer (De Perthuis, 2010) ; passer de la récupération à la prévention et à la préparation face aux désastres plaide pour la mise en œuvre d'une adaptation « proactive » ou « anticipatrice » fondée sur des actions *ex ante*, intervenant avant que ne se manifestent les aléas redoutés dont l'intensité et la fréquence demeurent incertains. Pour reprendre l'exemple des vagues de chaleur, se pose ainsi la question de l'adaptation des lieux de vie aux fortes températures et donc la nécessaire évolution des

conceptions urbanistiques et architecturales (Godinot, 2009). Les principaux leviers d'actions pour résorber l'ICU concernent l'albédo et la végétalisation[77] de l'espace urbain ainsi que la gestion de la ressource en eau afin de perméabiliser les sols et rafraîchir les espaces[78], ce que souligne le GIEC : « *Une planification urbaine appropriée, incluant des espaces verts croissants et des toits « frais », se sont révélés être des manières efficientes de limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain, tout en réduisant les besoins de climatisation et la probabilité des incendies urbains* (GIEC, 2007) ». Un troisième secteur d'actions concerne les matériaux urbains qui revêtent la ville, sachant qu'il est préférable de choisir des revêtements clairs qui réfléchissent la lumière afin de diminuer l'effet d'ICU (Boutefeu, 2007). Végétaliser la ville et réduire les surfaces imperméables constituent donc une réponse adéquate de lutte contre les ICU. Cependant, un problème persiste : où planter quand on cherche à densifier de plus en plus la ville au nom des politiques d'atténuation et au-delà de développement urbain durable ? En filigrane de cette question se profile celle des contradictions ou des antagonismes qui peuvent exister entre les stratégies d'atténuation, d'adaptation, et de durabilité urbaine dans le contexte de changement climatique. Par exemple, les stratégies d'adaptation à des conditions climatiques nouvelles peuvent entrer en contradiction avec les mesures d'atténuation ou plus largement avec un développement urbain durable : le renforcement des infrastructures de protection contre les inondations ou l'adaptation des bâtiments aux variations thermiques peuvent faire appel à des produits à contenu élevé en carbone (ciment, acier), de même que la climatisation peut accroître considérablement la consommation énergétique et la dispersion des GES comme les HFC. A l'inverse, les orientations choisies pour assurer la transition vers des « villes post-carbone » (volet atténuation) peuvent elles aussi avoir des conséquences indésirées sur la vulnérabilité et les objectifs sociaux de la soutenabilité. Les modèles actuels de « ville post-carbone » qui s'orientent vers une forte densité urbaine vont devoir gérer des objectifs parfois contradictoires comme la baisse des émissions de GES et le confort de vie au sein de la ville en cas de vagues de chaleur puisque la densification du bâti peut renforcer le phénomène d'ICU et l'inconfort thermique d'une partie de la population urbaine. Si, dans la pratique, l'adaptation et l'atténuation peuvent être antagoniques, leurs

[77] La végétation contribue à diminuer l'effet d'ICU par ses fonctions climatiques : Elle contribue à rafraîchir l'air grâce à l'ombre portée et à l'évapotranspiration qui permet une augmentation du taux d'humidité de l'air (une bande boisée de 100 m de large entraîne ainsi une augmentation du taux d'humidité atmosphérique de 50%) ; Elle influence la circulation de l'air et donc la ventilation de la ville, et diminue la pollution atmosphérique ; Elle limite également le ruissellement des eaux pluviales et contribue à son infiltration dans le sol. Loin d'être négligeable, ce mécanisme de régulation thermique permet, par exemple, une émission de 400 litres d'eau par jour pour un arbre feuillus, soit environ la puissance de refroidissement de cinq climatiseurs fonctionnant pendant 20 heures. Une augmentation de la surface végétalisée de 10% permet alors un rafraîchissement d'environ 1°C dans un rayon de 100 mètres autour de la zone végétalisée. Ainsi, les parcs et allées plantées constituent des « puits de fraicheur » par opposition aux « îlots de chaleur » (Boutefeu, 2007).

[78] Les surfaces perméables participent à la réduction des ICU notamment par la présence d'eau et de végétation et par les échanges thermiques dus à l'évapotranspiration. Il est donc recommandé de mettre en service des fontaines, jets d'eau, bassins d'eau vive et de réduire les surfaces imperméables par l'installation de revêtements poreux ou de noues, par exemple. La gestion du cycle de l'eau doit également être liée avec le développement du végétal car l'eau qui s'infiltre permet l'augmentation de l'évapotranspiration et une meilleure qualité d'ombrage et ainsi une efficacité climatique améliorée. En période de sécheresse, cependant, les végétaux réalisent moins d'évapotranspiration et ont donc un rôle climatique plus faible. L'eau pluviale pourrait alors être récupérée pour alimenter davantage les végétaux et favoriser leur efficacité climatique.

contradictions peuvent néanmoins être résolues si elles sont coordonnées entre elles dans le cadre d'une politique de développement durable visant à réconcilier les deux stratégies sur le long terme (Quenault, 2009). Il existe en effet toute une gamme d'actions d'atténuation et d'adaptation à double dividende, qui peuvent de surcroît s'inscrire dans une politique de développement urbain durable (voir *Figure 45. Exemples d'actions d'atténuation et d'adaptation à double dividende* ci-dessous). Pour reprendre l'exemple précédent de lutte contre l'ICU, si la possibilité de végétalisation au sol se trouve restreinte par la densification, ce problème peut être en partie surmonté en concevant la ville autrement *via* notamment la création de toitures ou de murs végétalisés susceptibles de représenter une solution triplement efficace : ces surfaces végétalisées permettent non seulement d'améliorer l'isolation et donc de limiter la surchauffe des bâtiments (en adéquation avec le volet adaptation) ; elles peuvent aussi éviter la climatisation électrique (en contradiction avec le volet atténuation), à l'origine d'une augmentation de la demande énergétique et d'une augmentation de la température extérieure des bâtiments (par rejet d'air chaud) (U.S. Environmental Protection Agency, 2008) ; enfin, elles peuvent contribuer à préserver la santé des populations urbaines et à leur assurer un cadre de vie agréable (en synergie avec le volet durabilité).

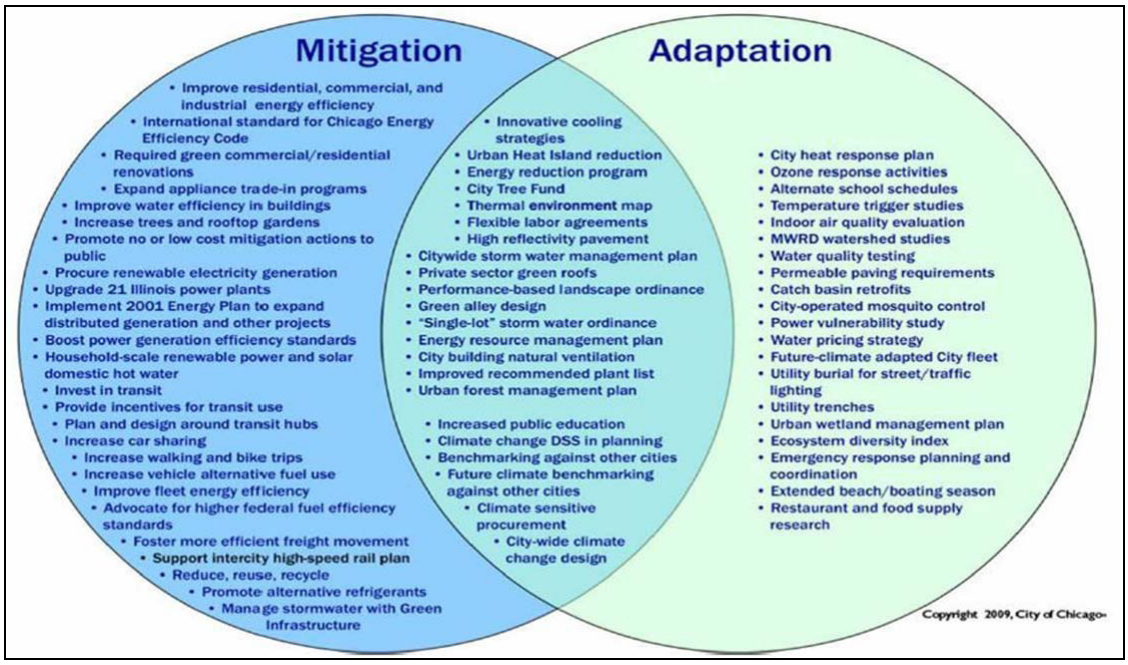


Figure 45. Exemples d'actions d'atténuation et d'adaptation à double dividende
Source : City of Chicago, 2009.

Pour résumer, les villes, en vue de s'adapter de manière proactive au changement climatique et à ses impacts, peuvent agir en particulier sur trois familles de paramètres, susceptibles d'être simultanément des opportunités de travailler à une ville plus soutenable (donc moins émettrice de GES) et à l'amélioration de la qualité de vie des résidents, spécialement dans les installations

croissantes (GIEC, 2007)[79] : la structure du bâti dont la plus ou moins grande qualité assure des degrés différents de protection aux habitants et aux activités qu'il abrite ; les infrastructures municipales concernant les principales « lignes de vie » (eau, énergie, déchets et transports publics) ; les schémas d'urbanisation avec la carte d'occupation des sols et le type d'équilibre visé entre les différents usages de l'espace (entre habitat individuel et collectif, entre zones résidentielles, aires d'activités et espaces de loisirs, entre les sols imperméabilisés ou végétalisés, etc.) (De Perthuis, 2010). Ces paramètres, qui préfigurent le métabolisme urbain au regard des dépenses énergétiques et des niveaux d'émissions futurs de GES, influencent fortement le mode de vie des habitants et la capacité d'adaptation des villes au climat de demain, donc leur résilience proactive, qui « *repose sur une consolidation de la cohérence territoriale et sociétale, sur une amélioration des conditions de vie et de développement, et enfin une meilleure préservation et conservation de milieux naturels et de la biodiversité* » (Tubiana et *al*., 2010, 25). En d'autres termes, il existe des synergies entre une adaptation proactive au changement climatique et un développement urbain durable effectif, d'autant que dans les zones urbaines, la réduction de la pauvreté ou de la précarité de leur population, incluant la revalorisation du logement et des infrastructures et services municipaux de base, est centrale pour l'adaptation. De plus, des villes gouvernées « équitablement », par exemple dans le cadre d'un Agenda 21 local doté d'une politique de solidarité sociale affirmée et ambitieuse, peuvent ainsi réduire considérablement les risques relatifs au climat pour les populations fragiles ou à faibles revenus. La gouvernance locale a ainsi un rôle majeur à jouer pour promouvoir un développement territorial durable en luttant contre le changement climatique à condition, toutefois, de rompre avec la logique économique dominante et de penser de façon étroitement couplée l'action climatique et l'aide au développement[80]. Si l'adaptation au changement climatique, au lieu d'être pensée dans la perspective d'un développement urbain durable, ne devait être qu'un élément de distinction et de marketing territorial additionnel, elle risquerait alors de participer à la compétition globale que se livre les grandes villes pour attirer populations, activités, et capitaux, accentuant l'avance et l'attractivité de quelques pôles urbains mondiaux (ceux qui ont les moyens de s'adapter) au détriment de tous les autres (en « crise » ou en « retard de développement »…) et des populations aux faibles moyens d'existence. Car une ville (ou un quartier) « bien adaptée » (confortable, saine, végétalisée, avec maîtrise de l'effet d'ICU) pourra être plus attractive, mieux valorisée que les autres espaces urbains, d'où une tendance à la gentrification… Une conception performative et compétitive des actions d'adaptation de la part des villes pour se distinguer des autres territoires et en tirer des gains

[79] Le GIEC précise d'ailleurs que « *cela peut être atteint en garantissant que les planifications urbaines prennent en compte la densité des constructions, la distribution et l'impact des émissions de chaleur, les modèles de transport et les espaces verts qui peuvent réduire les effets d'îlots de chaleur* (GIEC, 2007) ».

[80] Cf., par exemple, RAC France/Fondation Nicolas Hulot/ENDA France, 2010, *Climat & Développement : entre stratégies locales et gouvernance internationale*, Recommandations du réseau Climat et développement, octobre 2010, http://ressourcesclimatdeveloppement.jimdo.com/ressources-documentation/publications-du-r%C3%A9seau/

concurrentiels d'attractivité, conception qui pour l'instant domine largement les pratiques des grandes agglomérations (qui valorisent le « mieux vivre ensemble », l'adaptation étant un « plus » dans la course des villes riches pour occuper la meilleure place), au détriment d'une autre vision plus solidaire et peut-être plus catastrophiste (qui valorisant le « survivre ensemble ») suggérerait une menace commune et la nécessité d'en protéger les plus vulnérables (populations et espaces) grâce à des stratégies adéquates d'amélioration de la résilience adaptative. L'enjeu des politiques publiques locales ne devrait donc pas se borner à la seule dimension économique de l'attractivité qui ne fait qu'accentuer les phénomènes de métropolisation/périurbanisation et les déséquilibres qui les accompagnent pour concourir, au contraire, à un développement équilibré et solidaire des territoires, qui soit mutuellement avantageux au plan social et écologique, ce qui renvoie à l'effectivité de la solidarité intra et interterritoriale pour aider les populations et les territoires les plus démunis à améliorer leur résilience proactive *via* des actions de coopération et de partage des connaissances, des moyens et des pratiques…

II.2. Bilan et perspectives de la recherche

II.2.1. Résultats de la recherche par rapport à l'état des connaissances et du débat scientifique afférent

Au sein du couple aléa-vulnérabilité qui caractérise le risque, la seconde composante est longtemps restée peu explorée, les recherches et analyses se concentrant *quasi* exclusivement sur l'aléa ainsi que le déploraient Jacques Theys et Jean-Louis Fabiani dans leur ouvrage précurseur *La société vulnérable* : « *Les travaux sur la vulnérabilité restent de loin les parents pauvres des recherches sur les risques et la sécurité* (*Ibid*, 1987, 21) » ; constat réaffirmé quelques vingt ans plus tard par Claude Gilbert qui, soulignant l'importance de la dimension culturelle et sociale de la genèse des désastres et catastrophes, déclare : « *Il est peut être temps de prendre au sérieux la vulnérabilité et d'engager à son sujet des recherches tout aussi longues et complexes que celles concernant les aléas.* (Gilbert, 2006, 120) ». Ces exhortations sont en phase avec la tendance, déjà ancienne et en fort développement, à attirer l'attention sur l'étude de la vulnérabilité (D'Ercole, 1994 ; Becerra et Peltier, 2009 ; D'Ercole et Metzger, 2009). La recherche a évolué ces dernières années en résonance avec l'accroissement des risques et des catastrophes, signes d'une société paradoxalement plus vulnérable en dépit de connaissances scientifiques plus importantes ; les approches ont donc progressivement opéré un changement de perspective : d'un regard centré principalement sur les aléas, on est passé à une vision qui s'intéresse de plus en plus à la vulnérabilité, celle-ci ayant elle-même connu un élargissement au fil des travaux qui lui ont été consacré (Revet, 2009).

Pour les chercheurs qui travaillent sur les risques naturels, les anthropologues, les géographes et les sociologues notamment, cette approche en termes de vulnérabilité a permis de prolonger les réflexions qui, depuis les années 1980, ont conduit à considérer les catastrophes « naturelles » non comme des ruptures de la normalité ou des dysfonctionnements de l'ordre social mais comme des produits de cet ordre (Hewitt, 1983). Il est en effet désormais largement reconnu que l'augmentation des risques et des catastrophes a une double dimension anthropique qui réside dans l'anthropisation des aléas et l'accroissement de la vulnérabilité des sociétés (Beccera et Peltier, 2009). Par conséquent, la vulnérabilité ne désigne plus uniquement l'ensemble des dommages provoqués par la réalisation d'un aléa mais également l'ensemble des facteurs sociétaux qui rendent une société plus ou moins fragile face à l'occurrence d'un tel événement. La notion de vulnérabilité a ainsi permis d'orienter les travaux non plus sur les diverses manières qu'avaient les sociétés touchées d'affronter les catastrophes et d'en contrebalancer les effets, mais aussi sur les conditions sociales, politiques, économiques et culturelles qui contribuaient à produire les désastres ou les catastrophes.

Parallèlement, la littérature scientifique en matière de risques urbains a connu de substantiels développements au cours des vingt dernières années. Pour ne citer que le cas français, deux publications récentes font le point sur le concept de risque et ses conséquences : *Géographie critique des risques* de Patrick Pigeon et *Villes et risques* sous la direction de Thierry Coanus et Jean-François Pérouse. Ces deux ouvrages ont en commun de conclure à l'inefficacité conceptuelle du couple aléa-vulnérabilité, notamment parce qu'il aboutit à une segmentation des études ne permettant pas de réduire les risques de manière efficace. Puisque les espaces soumis à des aléas sont déjà très souvent urbanisés et que les ouvrages de protection ont montré leurs limites - quand ils n'ont pas contribué à augmenter les risques -, la question s'est alors progressivement reportée sur la compréhension de ce qui fait la vulnérabilité. Le concept de vulnérabilité restant encore largement à définir et à préciser[81], il est en effet mobilisé dans la littérature sur la ville suivant des acceptions très différentes. Aussi, certains des chercheurs ont-ils largement utilisé ce concept dans leurs travaux, notamment dans le sens de la vulnérabilité des sociétés urbaines face à des risques physiques d'origine naturelle ou anthropique. D'autres l'ont utilisé dans le sens de la construction de vulnérabilités sociales et environnementales associées à la transformation urbaine. D'autres encore ont abordé la vulnérabilité, en utilisant certaines de ses composantes pour comprendre les mutations de la société urbaine : vulnérabilité économique, sociale, territoriale, patrimoniale, institutionnelle, etc. D'autres, enfin, n'ont pas forcément utilisé le concept de manière directe, mais ont développé des recherches qui abordent la notion de vulnérabilité de manière sous-jacente, comme l'étude des violences urbaines ou

[81] Comme nous l'avons vu au début de ce rapport, au sens originel du terme (du latin « *vulnus* », blessure), la vulnérabilité exprime le caractère de ce qui peut être blessé, frappé par un mal ; par extension, il est synonyme de fragilité face à une menace.

celle des pratiques de gouvernance. De ce point de vue, la littérature anglo-saxonne offre depuis plusieurs années des voies d'analyse intéressantes telles les travaux de Mark Pelling, *The Vulnerability of Cities,* ou encore ceux plus anciens de Peter Blaikie, *At Risk : Natural Hazards, people's Vulnerability and Disasters*. Toutefois, ces publications traitent souvent de la vulnérabilité en la disséquant par champs : vulnérabilité sociale, vulnérabilité des populations, vulnérabilité économique, etc. Les travaux mettent alors l'accent sur les conditions physiques et socio-économiques pouvant conduire à des situations de crise et proposent donc le développement d'outils de diagnostic des vulnérabilités. Très peu, cependant, adoptent une approche territorialisée, centrée sur la ville, tentant de lier le fonctionnement et le développement urbain avec la vulnérabilité.

Pourtant, comme l'expriment Cartier et *al*., « *l'équation instable des risques est composée des interactions systémiques entre des phénomènes naturels aléatoires et adaptations sociales aux vulnérabilités* (*Ibid*, 2009, 9) ». De ce fait, la démarche adoptée dans cette recherche nous a conduits, en lien avec les enjeux de développement urbain durable, à envisager les concepts d'impacts du changement climatique et d'adaptation dans le cadre d'une analyse globale des vulnérabilités et résiliences urbaines plus apte à comprendre la complexité des processus en question. Dans ce dessein, nous avons cherché à nous fonder sur une nouvelle vision des interactions entre les facteurs climatiques et l'évolution des sociétés urbaines, fondée sur une approche interdisciplinaire en termes de vulnérabilité et de résilience/adaptation (capacités dynamiques de récupérer et de s'adapter face à un changement défavorable) et une représentation systémique afin d'éclairer les interdépendances complexes des systèmes sociaux, économiques et environnementaux et de mieux comprendre les différentes dynamiques qui participent à la fragilisation croissante des sociétés humaines. Cette recherche a ainsi été l'occasion d'explorer la façon dont les effets localisés du changement climatique se combinent sur les territoires aux autres dysfonctionnements, tensions et dégradations… et aux processus sociopolitiques pour donner aux politiques urbaines un caractère plus ou moins effectif, et en faire ou non un facteur d'accentuation de la vulnérabilité urbaine face aux risques climatiques. Car il ne suffit pas de définir ou de constater la vulnérabilité urbaine pour en comprendre les ressorts. La vulnérabilité urbaine, qui est simultanément multidimensionnelle, multidisciplinaire et dynamique, n'est pas un concept simple à appréhender, surtout dans un contexte de changement climatique : d'une part, les impacts attendus des évolutions climatiques (et donc l'exposition future) sont marqués par une forte incertitude, surtout à l'échelle locale (évolution du climat moyen et/ou modification de la fréquence et de l'ampleur des événements extrêmes) ; d'autre part, il n'y a actuellement pas de consensus sur les déterminants de la résilience ou plus précisément de la capacité d'adaptation qui en est une des composantes, sachant que résilience et capacité d'adaptation sont largement contextuelles, ce qui freine les velléités de comparaison à grande échelle ; enfin, il n'y a pas davantage consensus sur la vulnérabilité elle-même et son lien à l'adaptation. Des limites des

approches disciplinaires traditionnelles de représentation du couple vulnérabilité/adaptation fondées sur des relations de causalité linéaire, il nous est apparu indispensable de développer une approche interdisciplinaire et systémique pour réinterroger ce couple vulnérabilité/adaptation. On analyse ainsi comment le passage de la vulnérabilité urbaine au changement climatique aux réponses locales induit une chaîne de causalité complexe et non linéaire. Après avoir élaboré un schéma systémique du couple vulnérabilité/adaptation mettant en évidence des causalités circulaires et des boucles de rétroactions, nous montrons en quoi ce couple se situe d'emblée entre coévolution et incertitude. Ces questions théoriques ont des conséquences pratiques ou opérationnelles puisque les responsables locaux doivent composer avec les vulnérabilités de leur territoire au risque climatique, qui est devenu un nouvel enjeu pour la sécurité des biens et des personnes comme pour le devenir même des villes, et en tenir compte dans leurs politiques d'aménagement. La représentation du couple vulnérabilité/adaptation qu'ont en tête les responsables locaux n'est en effet pas sans incidence sur leur manière d'envisager leurs politiques locales de réponse au changement climatique. Il en est ressorti qu'une approche systémique était plus à même de contribuer à améliorer la résilience urbaine au travers de la formulation de stratégies d'adaptation et d'atténuation locales plus étroitement reliées et, qui plus est, intégrées à des politiques structurantes de développement urbain durable. Il apparaît toutefois, au vu des études de cas, que si le mot d'ordre de l'adaptation au changement climatique est de plus en plus intégré dans les discours des collectivités, il n'est encore que peu mobilisé dans les référentiels et stratégies d'actions. Bien que certaines incidences du changement climatique se manifestent déjà, la prise de conscience de la nécessité d'agir par les acteurs locaux commence à peine à s'opérer et les politiques en la matière n'en sont qu'à leurs balbutiements. Le foisonnement d'initiatives locales est essentiellement conçu dans l'optique de l'atténuation du changement climatique ; dans la plupart des cas, le volet « adaptation » est totalement absent, et même lorsqu'il existe, il reste embryonnaire. Cet état de fait a conditionné nos investigations qui ne pouvaient donc se centrer uniquement sur le volet « adaptation », tout juste naissant dans les politiques climatiques locales. Mais surtout les risques de « maladaptation », révélateurs des contradictions inhérentes à tous projets de développement durable, nous obligeaient à analyser dans leur ensemble les politiques urbaines et supposaient de se pencher en particulier sur l'état de l'intégration des deux volets climatiques et leur articulation aux politiques de développement durable émergentes. C'est pourquoi cette recherche, bien que volontairement focalisée sur la dimension d'« adaptation » au changement climatique, impliquait cependant de resituer les pratiques et stratégies d'adaptation dans le cadre d'une – éventuelle – « politique climat locale » et plus largement de développement urbain durable.

II.2.2. Conduite du processus de recherche au plan opérationnel

<u>Valeur ajoutée des collaborations entre les différentes équipes</u>

L'ouverture de collaborations entre chercheurs appartenant à différentes disciplines et à des équipes aux compétences variées et complémentaires (voir *Encadré 16. Partenariat et rôle de chaque partenaire dans le projet* ci-dessous) a permis l'élaboration à la fois d'un langage commun et d'une représentation systémique autour des questions de vulnérabilité/adaptation des systèmes urbain au changement climatique. L'émergence de cette vision partagée représente une valeur ajoutée à notre recherche sur un sujet émergent qui nécessitait de mobiliser des objets d'analyse, des concepts et des représentations à la fois non stabilisés et pluridisciplinaires. Le recours à ces concepts, généralement abordés de manière disjointe et suivant des perspectives hétérogènes dans le champ des différentes disciplines, et donc sources d'intenses débats, nécessitait un travail de reformulation et de mise en cohérence pour asseoir la pertinence scientifique de ce projet dans le cadre d'une démarche systémique. L'autre apport de ces collaborations est d'avoir permis d'enrichir la revue de la littérature scientifique menée sur différents champs disciplinaires et conduit à l'élaboration de grilles d'entretiens, elles aussi pluridisciplinaires, pour réaliser des enquêtes auprès de responsables locaux dans le cadre de travaux empiriques légers.

NOM	**Prénom**	**Emploi actuel**	**Discipline**	**% temps de recherche consacré au projet**	**Organisme de recherche**	**Rôle/Responsabilité dans le projet**
QUENAULT	Béatrice	MCF	Economie	70 %	CRESS-Lessor	Coordinatrice de l'ensemble du projet, animation des séminaires et ateliers de réflexion, collecte de données, synthèse bibliographique, état de l'art, méthodologie, analyse, rédaction des rapports
BERTRAND	François	Chercheur contractuel	Aménagement de l'espace et urbanisme	15 %	CITERES-CoST	Recherche bibliographique, valorisation et transfert d'études de cas, méthodologie d'enquête, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
BLOND	Nadège	CR2 CNRS	Physique-chimie	15 %	LIVE	Collecte de données, modélisation, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
BOIDIN	Bruno	MCF HDR	Economie	5 %	CLERSE-TEDD	Collecte de données, recherche bibliographique, analyse, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
CLAPPIER	Alain	Professeur	Physique-chimie	5 %	LIVE	Collecte de données, modélisation, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
GLATRON	Sandrine	CR2 CNRS	Sociologie, Athropologie sociale	10 %	LIVE	Collecte de données, modélisation, transfert et valorisation études de cas, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
PEYRACHE-GADEAU	Véronique	MCF	Economie	10 %	EDYTEM	Collecte de données, synthèse bibliographique, état de l'art, méthodologie, analyse, participation ateliers de réflexion et séminaires
PIGEON	Patrick	Professeur	Géographie	20 %	EDYTEM	Collecte de données, synthèse bibliographique, état de l'art, méthodologie, analyse, participation ateliers de réflexion et séminaires
ROCHER	Laurence	MCF	Aménagement de l'espace et urbanisme	10 %	CITERES-CoST	Collecte de données, méthodologie, transfert et valorisation études de cas, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
TSAYEM DEMAZE	Moïse	MCF	Géographie	5 %	ESO-GREGUM	Collecte de données, recherche bibliographique, méthodologie, études de cas (PED), analyse, participation aux ateliers de réflexion et séminaires
						Collecte de données, transfert et

VINUESA	Jean-François	Ingénieur	Physique-chimie	5 %	NOVELTIS	valorisation d'études de cas, participation aux ateliers de réflexion et séminaires

Encadré 16. Partenariat et rôle de chaque partenaire dans le projet

Déroulement de la recherche

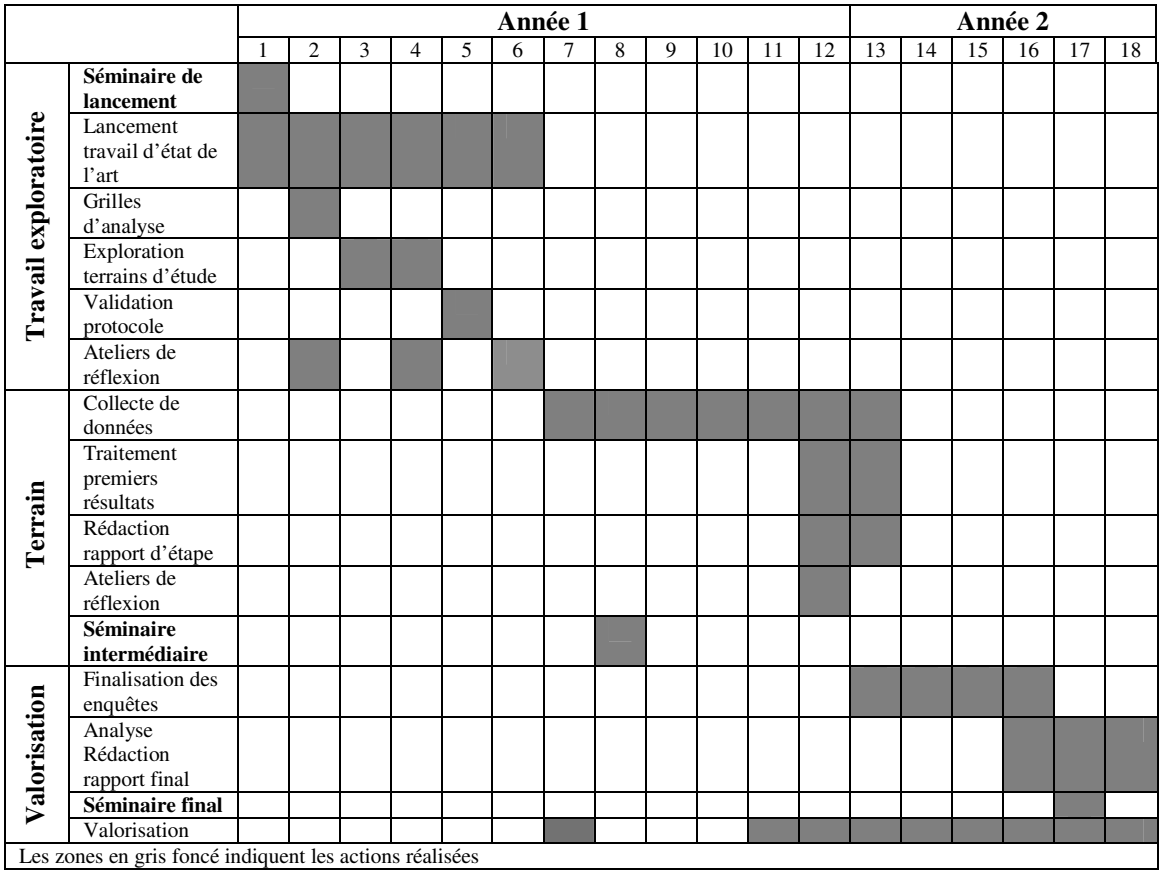
Il s'agit ici de présenter les travaux effectués en regard du plan de travail initial et du calendrier établi pour la période concernée (voir *Encadré 17. Plan de travail initial et calendrier prévisionnel* ci-dessous).

Durée : 18 mois (début novembre 2009-fin mai 2011)

- Première étape (3 mois environ) : synthèse bibliographique, état de l'art sur les questions abordées.
- Deuxième étape de la recherche (9 mois environ) : études de cas, monographies, enquêtes de terrain, animation d'ateliers de réflexion.
- Troisième et dernière étape (6 mois environ) : analyse des études de cas, formulation de recommandations et pistes d'actions, valorisation des résultats obtenus.

Encadré 17. Plan de travail initial et calendrier prévisionnel

Concernant le déroulement de la recherche (voir *Encadré 18. Déroulement de la recherche* ci-dessous), outre quatre ateliers de réflexion (18 décembre 2009, 8 février 2010, 13 avril 2010, 17 novembre 2010), trois séminaires, ayant permis d'organiser, d'accompagner et de structurer les échanges au sein de l'équipe, ont été organisés.



Encadré 18. Déroulement de la recherche

- Un séminaire de lancement (05 novembre 2009), au cours duquel ont été présentées les recherches précédentes réalisées par les membres de l'équipe et également discutés la démarche du projet et les terrains retenus.

- Un séminaire intermédiaire (22 juin 2010) qui a été l'occasion de présenter à mi-parcours les premiers résultats issus des études de terrain et discussion autour des phénomènes de rétroaction et d'incertitude au sein du couple vulnérabilité/adaptation.

- Un séminaire final (3 mai 2011) qui a été consacré à la présentation de l'ensemble des résultats obtenus et au prolongement de la valorisation scientifique et opérationnelle de la recherche.

Dans l'intervalle de ces différentes rencontres, les membres/partenaires impliqués ont pu échanger grâce à des discussions en visioconférence sur skype et à la mise en place d'un espace collaboratif (ftp://ftp.noveltis.fr) ou à l'occasion de participations à des séminaires extérieurs sur ces thématiques.

Difficultés rencontrées, ajustements et réorientations « chemin faisant »

Le caractère exploratoire de ce travail, qui se proposait de défricher un sujet émergent et ambitieux explique que la recherche se soit déroulée avec un certain nombre d'ajustements « chemin faisant ». Dans le cadre de la réponse à l'AAP, il avait été, au départ, envisagé de structurer ce projet autour de trois axes de recherche. L'axe 1 (Vulnérabilité, risque et résilience : signification théorique et conceptuelle), qui revêtait une dimension de théorisation et de conceptualisation, visait à mieux définir et caractériser des notions interdisciplinaires et transversales non stabilisées (vulnérabilité, résilience, adaptation …). L'axe 2 (Vulnérabilité territoriale et sociale aux changements climatiques : études de cas) ambitionnait, grâce à des enquêtes de terrain dans des villes du Nord comme du Sud, de progresser dans la compréhension des impacts du changement climatique sur les villes et dans l'identification des facteurs qui déterminent la capacité de réponse des sociétés urbaines, confrontées à ces risques environnementaux globaux qu'elles contribuent elles-mêmes à produire et dont elles s'efforcent de gérer certains effets présumés dommageables. Enfin, l'axe 3, en lien avec les objectifs d'un DUD, devait tenter de formuler des pistes et propositions en vue de contribuer à l'émergence de stratégies d'adaptation et d'atténuation renouvelées, destinées à accroître la résilience urbaine face au changement climatique. Ainsi que cela a été suggéré par Sabine Barles et d'autres membres du CS de PIRVE lors du séminaire organisé le 12 mars 2010 à Lyon, un recentrage du projet, jugé trop ambitieux compte tenu de son caractère exploratoire et du délai imparti, a été opéré. L'équipe, ainsi que cela lui a été recommandé par les responsables scientifiques du PIRVE, a par conséquent décidé de se concentrer sur l'axe 1 visant à prendre du recul sur les concepts de vulnérabilité/résilience/adaptation avec pour préoccupation majeure de développer une réelle

interdisciplinarité sciences dures/SHS au sein du projet et d'abandonner l'axe 3 (formulations de pistes et recommandations d'actions). Concernant l'axe 2, l'idée d'élaboration d'une grille d'évaluation de la vulnérabilité et de construction d'indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs) a été abandonnée pour opérer un recentrage des études de cas sur les modalités locales d'appréhension de la vulnérabilité urbaine et de construction des réponses politiques au changement climatique. Il a ainsi été décidé d'analyser les politiques locales (en particulier celles d'adaptation) afin d'apprécier leur effectivité en matière de lutte contre le changement climatique au regard de la vulnérabilité identifiée localement et des objectifs affichés de réduction de celle-ci. Il s'agissait en particulier de comprendre pourquoi se manifestent d'importants décalages entre les affichages politiques et leurs réalisations à l'échelon local, et corrélativement d'identifier les facteurs de blocage à la mise en œuvre de politiques ambitieuses, et les éventuels effets non désirés, et parfois difficilement prédictibles, des mesures prises afin de lutter officiellement contre le changement climatique. De plus, il a été décidé de réduire le nombre d'études de cas envisagés et de se limiter, outre les terrains ayant déjà été explorés dans le cadre d'autres projets, uniquement à quatre nouveaux terrains (Brest Métropole, Rennes Métropole, Agglomération de Saint-Etienne et ville de Douala). Les principales difficultés rencontrées ont eu trait à la mobilisation de la totalité de l'équipe de recherche initialement constituée pour la réponse à l'AAP, ce qui a eu en particulier des répercussions sur le choix des terrains explorés. Nous avions envisagé de retenir la ville de Ouagadougou ainsi qu'une ou deux villes chinoises comme cas d'étude, mais nous avons du renoncer à ces terrains pour des raisons d'accessibilité aux données d'enquête.

II.2.3. Valorisation et perspectives

Valorisation effectuée : Participation à des manifestations scientifiques et publications

- Séminaires de recherche

- Quenault B., 2010, « La vulnérabilité urbaine au changement climatique : entre complexité, coévolution et incertitude », Séminaire de recherche LIVE, Université de Strasbourg, Lundi 29 novembre.

- Quenault B., Bertrand, F., Blond, N., Glatron, N., Pigeon, P., Peyrache-Gadeau, V., et Rocher, L.,., 2011, « Pour des trajectoires urbaines résilientes et durables face au défi climatique », Séminaire « Résilience urbaine », ENS, vendredi 3 juin, Paris, http://www.geographie.ens.fr/Journee-d-etudes-3-juin-2011.html?var_mode=calcul.

- ACTI : Communication avec actes dans un congrès international

- Quenault, B. et Bertrand, F., 2010, « Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain », in Dubreuil V., Planchon, O., Quénol, H., et Bonnardot, V., (éd.), *Risques et changement climatique*, Actes du XXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes, 1er-4 septembre, pp. 493-498.

- COM : Communications orales sans actes dans un congrès national ou international.

- Quenault, B., Bertrand, F., Blond, N., Glatron, N., Pigeon, P., Peyrache-Gadeau, V., et Rocher, L., 2011, « Vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers des stratégies de développement urbain durable ? », Colloque du PIRVE, Nantes, 5 et 6 mai.

- Quenault, B., 2010, « Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain » *Réunion internationale RICLIM « Risques climatiques urbains »,* Turin (Italie), 25-26 Mai 2010.

- Quenault, B. et *al*., 2010, « Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain », Colloque du PIRVE, Grand-Lyon, vendredi 12 mars.

- Quenault, B. et *al*., 2011, « La dialectique vulnérabilité/adaptation au changement climatique comme vecteur de durabilité urbaine », *Workshop : « L'innovation et la créativité face aux défis environnementaux de la ville contemporaine : vers des techniques et dynamiques urbaines alternatives ? »,* Cluster ERSTU Région Rhône-Alpes et UMR 5600 Environnement, Ville et Société, 17 et 18 mars 2011, Centre des Humanités, INSA de Lyon.

Valorisation en cours

En termes de publications, un article intitulé Béatrice Quenault et *al.*, « Mutations urbaines et vulnérabilité au changement climatique : quelles stratégies de résilience pour un développement urbain durable ? » a été soumis en vue de collaborer à l'ouvrage collectif *Mondialisation et résilience des territoires : Trajectoires, dynamiques d'acteurs et expériences locales,* (Eds.) Abdelillah Hamdouch, Marc-Hubert Depret, CorinneTanguy, ouvrage prévu courant 2012 dont l'éditeur est en cours de négociation.

Un autre article intitulé Béatrice Quenault et *al.*, 2012, « La ville durable au défi du couple vulnérabilité/adaptation au changement climatique », va être prochainement soumis en vue de collaborer à l'ouvrage collectif : Rocher L. (eds), *Les territoires face au changement climatique. Observations et réflexions sur la 1ère génération d'initiatives « climat » au niveau local*, ouvrage en recherche d'éditeur et dont la publication est prévue courant 2012.

Une communication intitulée Béatrice Quenault et *al*., « Réinterprétation systémique du couple vulnérabilité/adaptation urbaine au changement climatique » a été acceptée dans le cadre du Colloque scientifique international « *Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation »,* 07 et 08 juillet 2011*,* Université Paul Verlaine - Metz, France*, www.cegum.univ-metz.fr/2R2CV/accueil.html,* l'article en langue française a été prallèlement soumis pour publication dans un numéro spécial de la revue internationale *Climatologie* (www.climato.be/aic/) qui paraîtra courant 2012. Une communication intitulée V. Peyrache-Gadeau, P. Pigeon et B. Quenault, 2011, « Vulnérabilités territoriales et adaptations au changement climatique : interrogations sur les politiques de développement durable des villes de Saint - Etienne et de Chambéry », a été acceptée dans le cadre du colloque international de l'Association des Sciences Régionales de Langue Française (http://asrdlf.org/asrdlf_presentation.php) prévu début juillet 2011 à Fort de France en Martinique (http://asrdlf2011.com/).

Perspectives futures : Préparation de réponses à des appels à projets et autres prolongements envisagés

Pour ce qui est des autres formes de valorisation et prolongements du projet, dans les mois à venir, nous avons l'intention d'exploiter davantage les résultats issus des terrains et de soumettre un ou deux articles différents sur la question vulnérabilité/adaptation au changement climatique des systèmes urbains à des revues françaises à comité de lecture, comme par exemple, *Développement Durable et Territoires* ou *Cybergeo : European Journal of Geography*, et de faire une publication en anglais dans une revue internationale. A plus long terme, il est également envisagé de publier un ouvrage sur cette question (aux Presses Universitaires de Rennes, par exemple) et de répliquer et de généraliser, dans le cadre de futurs projets fondés sur des investigations de terrain plus ambitieuses, l'approche systémique innovante de la vulnérabilité et de la résilience urbaine initiée dans le cadre de cette recherche… Au-delà de ce projet exploratoire, nous souhaitons en effet structurer et consolider le réseau que nous avons créé, pour éventuellement lui donner une dimension internationale, cela afin de poursuivre et approfondir cette thématique de recherche en répondant à des appels à projets plus ambitieux dans les moyens financiers alloués et dans la durée des projets (projets PIRVE, projets MEDD, projets ANR ou projets européens).

Bibliographie

Aakre, S., Banaszak, I., Mechler, R., Rübbelke, D., Wreford, A., Harvir, K., 2010, "Financial adaptation to disaster risk in the European Union –Identifying roles for the public sector", *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, doi 10.007/s11027-010-9232-3.

Abraham, J., 2009, "Assessing Vulnerability to Climate Change", University of Arizona, June 17, http://www.southwestclimatechange.org/solutions/adaptation/assessing-vulnerabilityde

Action Aid International, 2006, *Unjust Waters; Climate Change, Flooding and the Protection of Poor African Communities: Experiences from Six African Cities*, 23 p., http://www.actionaid.org/main.aspx?PageID=576.

ADAM (Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy), 2008, D-A1.1: *A formal framework of Vulnerability*, Project no. 018476-GOCE, april, 125 p.

Adger, W. N., 2006, "Vulnerability", *Global Environmental Change*, 16(**3**), 268–281.

Adger, W.N., 2003a, "Social capital, collective action, and adaptation to climate change", *Economic Geography*, 79, n°4, 387-404.

Adger, W.N., 2003b, "Social aspects of adaptive capacity". In *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*, eds J.B. Smith, R.J.T. Klein, and S. Huq, Imperial College Press, London.

Adger, W.N., 2000, "Social and ecological resilience: are they related?", *Progress in Human Geography*, **24**, 347-364.

Adger, W.N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., Eriksen, S., 2004, "New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity", *Technical Report 7,* Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich.

Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, MMQ., et *al.*, 2007, "Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity", in IPCC, *Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge, Cambridge University Press, 717-743.

Adger, W.N., Arnell, N.W., Tompkins, E.L., 2005, "Successful adaptation to climate change across scales", *Global Environmental Change* **15**, 77–86.

Adger, W.N., et Kelly, P.M., 1999, "Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 4**, 3-4**, 253-266.

Adger, N.W., Vincent, K., 2005, "Uncertainty in adaptive capacity", *Geoscience***, 337**, 399–410, http://www.uea.ac.uk/env/people/adgerwn/AdgerVincent2005.pdf.

Alberti, M., 2008, *Advances In Urban Ecology - Integrating Humans And Ecological Processes In Urban Ecosystems*, Springer Verlag, 366p.

Alberti, M., et Marzluff, J. M., 2004, "Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions", *Urban Ecosystems*, 7(3), 241-265.

Allen, K., 2003, "Vulnerability Reduction and the Community-based Approach", *Natural Disasters and Development in a Globalising World*, 170-184.

Amundsen, H., Berglund, F., Westskog, H., 2010, Overcoming Barriers to Climate Change Adaptation - A Question of Multilevel Governance? *Environment and Planning C*, **28** (2), 276-289.

Antal, Z. L., Botos, B., Leidinger, D., 2009, *Climate Change and Opportunities for Local Action*, Institute of Sociology, Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Antal, Z. L. (ed.), 2008, *Climate-friendly Cities. Theory and Action*, Pallas Kiadó, Budapest.

Arnell, N.W., 1999, "Climate change and global water resources", *Global Environmental Change* 9, 31–49.

Aromar, R., 2005, "Lessons from the deluge: priorities for multi-hazard risk mitigation", *Economic and Political Weekly*, 40(**36**), 3911–3916.

Bain, P., Maujean, S., Theys J., 2008, *AGORA 2020. Vivre, habiter, se déplacer en 2020 : quelles priorités de recherche ?,* Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables (MEDAD), Direction de la recherche et de l'animation scientifique et technique, Centre de prospective et de veille scientifique, Paris, 512 p.

Bak, P., 1999, *Quand la nature s'organise*, Flammarion, Paris, 283 p.

Barnett, J., O'Neill, S., 2010, "Maladaptation", editorial, *Global Environmental Change*, 20, 211-213.

Barton, I., et *al.,*1998, “Adaptation to Climate Change: Theory and Assessment”, in Feenstra, J.F., Burton, I., Smith, J.B., Tol, R.S.J. (Editors), *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, UNEP, october 1998, 117-140.

Bazerman, M.H., 2006, “Climate Change as a Predictable Surprise”, *Climatic Change*, 77, 179-193.

Beccera, S., Peltier, A., 2009, « La vulnérabilité sociétale aux risques naturels et aux problèmes environnementaux : comprendre pour réduire. Avant Propos », in Beccera, S., Peltier, A. (Sous la dir.), *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés* , Coll. Sociologies et environnement, L’harmattan, Paris, 575 p., 5-8.

Berque A., Bonnin, Ph. et Ghorra-Gobin, C. (éd.), 2006, *La ville insoutenable*, Belin, Paris.

Bertrand, F., 2010, « Changement climatique et adaptation des territoires ». In Zuindeau, B. (éd.), *Développement durable et territoire*, Coll. Environnement et sociétés, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d’Ascq, 339-350.

Bertrand, F. et Rocher, L., 2007, *Le changement climatique, révélateur des vulnérabilités territoriales ? Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques*, DT2R, MEDD, décembre.

Betsill, M., 2001, ‘”Mitigating climate change in US Cities: Opportunities and obstacles”, *Local Environment*, vol. 6, **4**, 393–406.

Betsill, M., Bulkeley, H., 2007, “Looking back and thinking ahead: A decade of cities and climate change research”, *Local Environment*, 12, 5, 447–456.

Betsill, M. et Bulkeley, H., 2005, “Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the ‘urban’ politics of climate change”, *Environmental Politics*, 14, 1, 42–63.

Betsill, M., Bulkeley, H., 2003, *Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance*, Routledge, London.

Birkmann, J., Garschagen, M., Kraas, F., Nguyen, Q., 2010, “Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change”, *Sustainability Science*, 5, 185-206.

Birkmann, J., von Teichman, K., 2009, “Addressing the Challenge: Recommendations and Quality Criteria for Linking Disaster Risk Reduction and Adaptation to Climate Change”. In Birkmann, J., Tetzlaff, G., Zental, K-O. (eds.) DKKV Publication Series, 38, Bonn.

Birkmann, J., 2006, ‘‘1. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions’’. In J. (Ed.) *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*, United Nations University Press, Hong-Kong, New York, 9-54,

www.ehs.unu.edu/elearning/pluginfile.php/572/mod_data/content/3864/Conceptual_frameworks_and_Definitions.pdf

Birkmann, J., 2005, ‘‘Danger Need Not Spell Disaster – But How Vulnerable Are We?’’, *Research Brief (*1), Tokyo: United Nations University (ed).

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., et Wisner, B., 1994, *At Risk - natural hazards, people’s vulnerability and disasters*, 1st edn, Routledge, London and New York.

Bocquet, C., 2002, « L’adaptation biologique », in *Encyclopedia Universalis*, Paris, 244-247.

Bogardi, J. et Birkmann, J., 2004, ‘‘Vulnerability Assessment: The First Step Towards Sustainable Risk Reduction’’. In Malzahn, D. et Plapp, T. (eds), *Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction*, Logos Verlag Berlin, Berlin, 75–82.

Bogardi, J. et Brauch, H.-G., 2005, ‘‘Global Environmental Change: A Challenge for Human Security – Defining and conceptualising the environmental dimension of human security’’. In Rechkemmer, A. (ed.), *UNEO – Towards an International Environment Organization – Approaches to a sustainable reform of global environmental governance*, Nomos, Baden-Baden, 85–109.

Bohle, H.-G., 2001, ‘‘Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography’’, IHDP Update 2/2001, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 1–7.

Bohle, H., 2004, « Vulnerability Article 1 : vulnerability and Criticality, http://www.ihdp.uni-bonn.de.htlm/publications/update/update01_02/IHDPUpdate01_02bohle.htlm, 23 november 2004.

Bollin, C., Cardenas, C., Hahn, H. et Vatsa, K.S., 2003, *Natural Disaster Network; Disaster Risk Management by Communities and Local Governments,* Inter-American Development Bank, Washington, D.C., http://www.iadb.org/sds/doc/GTZ%2DStudyFinal.pdf.

Boutefeu, E., 2007, « Végétaliser les villes pour atténuer les îlots de chaleur urbains », *Techni-Cités, n°129*, s.l.

Brooks, N., 2003, “Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework”, Tyndall Centre for Climate Change Research, *Working Paper 38*, http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp38.pdf.

Brooks, N., Adger, W.N., et Kelly, P.M., 2005, "The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation", *Global Environmental Change*, 15, **2,** 151-163.

Burton, I., Feenstra, J. F., Smith, J. B., et Tol, R.S.J., 1998, *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies,* UNEP, October.

Burton I., Huq S., Lim B., Pilifosova O., and Schipper E.L., 2002, "From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy", *Climate Policy,* **2**, 145-159.

Burton, I., 1997, "Vulnerability and adaptive responses in the context of climate and climate change", *Climatic Change*, **36**, 185-196.

Butzer, K.W., 1980, " Adaptation to global environmental change", *Professional Geographer*, **32**, 269–278.

Calvo, C., et Dercon, S., 2005, "Measuring Individual Vulnerability", *Department of Economics Discussion Paper Series*, 229, http://ideas.repec.org/p/oxf/wpaper/229.html.

Cannon, T., Twigg, J., et Rowell, J., 2003, *Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters*, Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office, http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf.

Cantat, O., 2004, « L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps », *Norois*, 2, 75-102.

CapHaz-Net, 2010, *Social Capacity Building for Natural Hazards, Toward More Resilient Societies*, WP4 Report, http://www.caphaz.net.org.

Cardona, O.D., 2004, ''The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management''. In Bankoff, G., Frerks, G., et Hilhorst, D. (eds), *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, Earthscan, London, Chapter 3.

Cardona, O.D., 1999, ''Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach''. In Ingleton, J. (ed.), *Natural Disaster Management*, Tudor Rose, London.

Cardona, O.D. et Barbat, A.H., 2000, ''El Riesgo Sısmico y su Prevencion'', *CuadernoTecnico 5*, Madrid, Calidad Siderurgica.

Cardona, O.D., Hurtado, J.E., Chardon, A.C., Moreno, A. M., Prieto, S. D., Velasquez, L.S., et Duque, G., 2005, *Indicators of Disaster Risk and Risk Management. Program for Latin America and the Caribbean*, Summary Report for World Conference on Disaster Reduction, IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of Colombia / Inter-American Development Bank, http://idea.manizales.unal.edu.co/

Cardona, O.D. et Hurtado, J.E., 2000a, ''Holistic Approach for Urban Seismic Risk Evaluation and Management'', *Proceedings of Sixth International Conference on Seismic Zonation*, EERI, November 2000, Palms Springs.

Cardona, O.D. et Hurtado J.E., 2000b, ''Holistic Seismic Risk Estimation of a Metropolitan Center'', *Proceedings of 12th World Conference of Earthquake Engineering*, January–February 2000, Auckland.

Carrega, P., Dubreuil, V., Richard, Y., 2004, « Climat et Développement durable *», Historiens et Géographes*, **387**, 205-209.

Carren˜o, M.L, Cardona, O.D., et Barbat, A.H., 2005, ''Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach'', 250th Anniversary of Lisbon Earthquake, Lisbon.

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J.M., et Abel, N., 2001, "From metaphor to measurement: resilience of what to what? ", *Ecosystems*, 4, **8**, 765–781.

Carter, T.R., Parry, M.L., Nishioka, S., Harasawa, H. (Eds.), 1994, *Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, University College London, UK,and Centre for Global Environmental Research, Tsukuba, Japan.

Cavin, J. S., Leippert, A., Helluin, J.J., 2009, "Climate Change and the Role of Cities in International Institutions", *Fifth Urban Research Symposium 2009: Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*, June, Marseille, http://www.urs2009.net.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), *2010*, http://www.emdat.be/Database/Trends/trends.html.

Chaline, C., et Dubois-Maury, J., 1994, *La ville et ses dangers*, Pratiques de la Géographie, Masson, Paris.

Chambers, R. et Conway, G., 1992, ''Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century'', IDS Discussion Paper 296, Institute of Development Studies, Brighton.

Champiat, C., 2009, « Identifier les îlots de chaleur urbains pour réduire l'impact sanitaire des vagues de chaleur », *Environnement, Risques & Santé*, 8(5), 399-411.

Chapellaz, J., Godard, O., Huet, S., Le Treut, H., 2010, *Changement climatique : les savoirs et les possibles*, Collection 360, Editions La Ville brûle, Paris.

Chomette, G. P., 2006, « Le siècle des réfugiés climatiques », *Terre Sauvage*, février.

Christoplos, I., Farrington, J., et Kidd, A., 2001, *Extension, Poverty and Vulnerability: Inception Report of a Study for the Neuchâtel Initiative*, ODI Working Paper, 144, London, www.neuchatelinitiative.net.

Climate Alliance, 2007, *Adaptation and Mitigation: an integrated climate policy approach,* Francfort, http://www.localclimateprotection.eu/.

Comfort, L.K., Boin, R.A., and Demchack C.C., 2010, *Designing Resilience: Preparing for Extreme Events*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.

Crichton, D.,1999, ''The Risk Triangle''. In Ingleton J. (ed.), *Natural Disaster Management*, Tudor Rose, London, 102–103.

Criqui, P. et Lefèvre, B., 2010, « Les plans climats locaux ». In Zuindeau, B., (éd.), *Développement durable et territoire*, Coll. Environnement et sociétés, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 455-468.

Cronon, W., 1996, *Uncommon ground: Rethinking the Human Place in Nature*. W.W. Norton and Company, New York.

Cross, J.A., 2001, ''Megacities and Small Towns: Different Perspectives on Hazard Vulnerability'', *Environmental Hazards,* 3(**2**), 63–80.

Cuénot, L., 1925, *L'adaptation*, Doin, Paris.

Cutter S.L., Barnes L., Berry M., Burton C., Evans E., Tate E., Webb J., 2008, "A place-based model for understanding community resilience to natural disasters", *Global Environmental Change,* 18(2008), 598–606.

D'Ercole, R. *et alii*, 1994, « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modèles d'analyse », *Revue de Géographie Alpine*, 82(4), 87-96.

D'Ercole, R., 1991, *Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Équateur),* Thèse de doctorat, Université de Grenoble 1, 459 p.

Dauphiné, A., Provitolo, D., 2004, « Résilience, risque et SIG », www.univ-mer.com/docs/doc-pdf/resilience.pdf.

Davidson, R., 1997, *An Urban Earthquake Disaster Risk Index*, Report n°121, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford.

De Perthuis, C., 2010, *Et pour quelques degrés de plus… Changement climatique : incertitudes et choix économiques*, Pearson Education France, Paris.

Décamps, H. (sous la dir.), 2010, Événements climatiques extrêmes : réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux, Éditions EDP Sciences - juin 2010, Paris.

Décamps, H., 2007, « La vulnérabilité des systèmes socio-écologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience », *Natures Sciences Sociétés,* 15, 48-52.

Desthieux, G., 2005, *Approche systémique et participative du diagnostic urbain. Processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques*, Thèse de Doctorat ès Science et Ingénierie de l'environnement, n°3216 (2005), École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 237 p.

Dessai, S., Adger, W.N., Hulme, M., Ko¨ hler, J., Turnpenny, J., Warren, R., 2003, "Defining and Experiencing Dangerous Climate Change", *Working Paper 28*, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich.

DFID, 1999, *Sustainable Livelihood Guidance Sheets*, Department for International Development (DFID), London, http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html.

Dodman, D., 2009, "Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories", *Environment and Urbanization*, 21(**1**), 185–201.

Dodman, D, et Satterthwaite, D., 2009, "Are cities really to blame?", *Urban World*, 1(**2**), 12–13.

Domenichini, J., 2008, *Calcul de la sinistralité relative à des aléas « naturels » et anthropiques rares : systèmes d'information géographique (SIG), retour d'expérience et méthodes prospectives pour l'évaluation de sinistres inondation et terrorisme en réassurance*, Thèse de Doctorat, Université Paris I- Panthéon-Sorbonne, 255 p.

Döös, B.R., 1994, "Environmental degradation, global food production, and risk for large-scale migrations", *Ambio*, 23(**2**), 124-130.

Dovers, S., 2009, "Normalizing adaptation", *Global Environmental Change*, 19, 4-6.

Dovers, S.R. et Handmer, J.W., 1992, "Uncertainty, sustainability and change", Global Environmental Change, 2(**4**), 262–276.

Downing, T., 2004, ''What Have We Learned Regarding a Vulnerability Science?'' In Science in Support of Adaptation to Climate Change. Recommendations for an Adaptation Science Agenda and a Collection of Papers Presented at a Side Event of the 10th Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Buenos Aires, 7 December 2004, 18–21,www.aiaccproject.org/whats_new/Science_and_Adaptation.pdf.

Downing, T. E., Watts, M.J., et Bohle, H.G., (1995), "Climate change and food insecurity: Towards a sociology and geography of vulnerability". In *Climate Change and World Food Security*, ed. T. E. Downing, Springer Verlag, Berlin.

Dumas, P., 2006, *L'évaluation des dommages du changement climatique en situation d'incertitude : l'apport de la modélisation des coûts de l'adaptation*, Thèse en Économie de l'environnement, École des hautes études en sciences sociales, Paris.

Dupuy, J.-P., 2010, « *Quelques aspects théoriques sur l'incertitude* », Responsabilité et Environnement n°57, Janvier 2010.

Dupuy, J.-P., 2002, *Pour un catastrophisme éclairé*, Seuil, Paris.

EM–DAT, the OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium, www.em-dat.net.

Emélianoff, C., 2010, « La ville durable ». In Zuindeau, B. (éd.), *Développement durable et territoire*, Coll. Environnement et sociétés, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 179-189.

Emelianoff, C., 2007, « Les villes européennes face au changement climatique », *Lesannales de la recherche urbaine, 103*, 159-169.

Eriksen, S., et Næss, L.O., 2003, Pro-Poor Climate Adaptation: Norwegian development cooperation and climate change adaptation: an assessment of issues, strategies and potential entry points. Oslo: Centre for International Climate and Environment Research (CICERO) (www.cicero.uio.no).

Escourrou, G, 1991, *Le climat et la ville,* Nathan, Paris, 191 p.

Fankhauser, S., Smith, J.B., Tol, R.S.J., 1999, "Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions", *Ecological Economics*, **30**, 67–78.

Fabiani, J.-L. et Theys, J., 1987, *La société vulnérable : évaluer et maîtriser les risques*, Presses de l'École normale supérieure, Paris, 674p.

Fara, K., 2001, "How Natural Are "Natural Disasters"? Vulnerability to Drought in Southern Namibia Communal Areas", *Risk Management: An International Journal*, 47-63.

Feenstra, J.F., Burton, I., Smith, J.B., Tol, R.S.J., 1998, *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, UNEP/Vrije Universiteit, Amsterdam.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S.,Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K.,Falkenmark, M., Gordon, L., Kasperson, R., Kautsky, N., Kinzig,A., Levin, S., M.aler, K.-G., Moberg, F., Ohlsson, L., Olsson, P.,Ostrom, E., Reid, W., Rockstroem, J., Savenije, H. et Svedin, U., (2002), "Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations", Scientific Background Paper on Resilience for the process of The World Summit on Sustainable Development on behalf of The Environmental Advisory Council to the Swedish Government, April 2002, Edita Norstedts Tryckeri AB, Stockholm, ISSN 0375-250X

Folke, C., Carpenter, S.R., Elmqvist, T., *et al*., 2002, " Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformation", *Ambio*, 31(5), 437-440.

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. et Norberg, J., 2005, " Adaptive governance of social-ecological systems", *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441-473.

Ford, J., Smit, B., 2004, "A framework for assessing the vulnerability of communities in the Canadian Arctic to risks associated with climate change", Arctic, **57**, 389–400.

Füssel, H., Klein, R.J.T., 2006, "Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking", *Climatic Change*, 75(3), 301-329.

Gallopin, G.C., 2006, "Linkages between vulnerability, resilience, and adaptative capacity", *Global Environmental Change*, 16, 293-303.

Garnier, E., 2010, *Etude des caractéristiques et de la fréquence des événements extrêmes en France depuis 1500*, projet RENASEC, www.gisclimat.fr/projet/renasec.

Gibson, C. A., et Tarrant, M., 2010, “A 'conceptual models' approach to organisational resilience”, *The Australian Journal of Emergency Management,* 25(2).

GIEC, 2007, Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques, Groupe de travail I, *Quatrième Rapport d’évaluation*, Résumé à l’intention des décideurs, Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat, 2 février, Paris, www.ipcc.ch.

GIEC, 2001, *Bilan 2001 des changements climatiques: rapport de synthèse*, Troisième rapport d’évaluation, Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat, Genève, www.ipcc.ch.

Gilbert, C., 2007, « Comment gérer les crises ? Les pouvoirs publics face à des risques polymorphes ». In « L'Etat face aux risques », *Regards sur l'actualité*, n°328, La Documentation française, Paris, 61-77.

Gilbert, C., (dir.) 2003, *Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales*, L'Harmattan, Collection Risques Collectifs et Situations de Crise, Paris.

Godard, O., 2009, « Équité et transmission au cœur de l’arbitrage entre adaptation et mitigation », *IDDRI/IEPF, Liaison Energie-Francophonie*, n°86, octobre, numéro spécial, 49-54,www.iepf.org/ressources/lef.php.

Godard, O. *et alii*, 2002, *Traité des nouveaux risques*, Gallimard, Paris : 620 p.

Godard, O., 1996, « Le développement durable et le devenir des villes. Bonnes intentions et fausses idées », *Futuribles*, 209, 29-35.

Godinot, S., 2009, *Projet de contribution sur l'adaptation au livre blanc sur le* changement climatique de l'agglomération lyonnaise, Agence Locale de l'Energie, Lyon.

Gordon, J. E., 1978, *Structures*, Penguin Books, Harmondsworth.

Gosline, A., 2006, « Que faire des millions de réfugiés climatiques ? », *New Scientist via Courrier International*, 814, juin

Gray, P.C.R., et Wiedermann, P.M., 1997, “Risk and Sustainability : Mutual Lessons from Approaches to the Use of Indicators (Second Edition)”, http://www.fz-juelich.de/mut/hefte/heft_61.pdf.

Grothmann, T., and Patt, A., 2005, “Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change”, *Global Environmental Change*, 15(3), 199-213.

Groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », 2008, *Document d’étape*, ONERC-D4E, Juin, Paris, 247 p.

Gunderson, L.H., et Holling C.S. (ed.), 2002, *Panarchy: Understanding transformations in Human and Natural Systems*, Island Press, Washington and London.

Handmer, J.W., Dovers, S., et Downing, T.E., 1999, “Societal vulnerability to climate change and variability”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **4**, 267–281.

Handmer, J.W. et Dovers, S.R., 1996, “A typology of resilience: rethinking institutions for sustainable development”, *Industrial and Environmental Crisis Quarterly*, 9(**4**), 482–511.

Hay, J., Beniston, M., 2001, “Environmental change and migration”, *Tiempo*, 4(**2**), décembre.

Heinrichs, D., Aggarwal, R., Barton, J., Bharucha, E., Butsch, C., Fragkias, M., Johnston, P., Kraas, F., Krellenberg, K., Lampis, A. et Giok Ling, O., 2009, “Adapting Cities to Climate Change: Opportunities and Constraints (Findings from eight Cities)”, *Fifth Urban Research Symposium 2009 “Adapting Cities to Climate Change”,* Marseille, 28-30 juin.

Holling, C.S., 2001, “Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems”, *Ecosystems,* **4**, 390-405.

Holling, C.S., 1986, “The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change”*in* Clark, W.C., et Munn, R. E (editors), *Sustainable development of the biosphere,* Cambridge University Press, Cambridge, 292-317.

Hugo, G., 1996, “Environmental concerns and migration”, *International Migration Review*, 30(**1**), 105-131

Huq, S., et Reid, H., 2004, “Mainstreaming adaptation in development”, *Institute for Development Studies Bulletin*, **35**, 15–21.

Huq, S. et Klein, R.J.T., 2003, “Adaptation to climate change: why and how ?”, *Sci. Dev.Net Climate Change Dossier,* Policy brief, http://www.scidev.net/dossiers/index.cfm?fuseaction=printarticle&dossier=4&policy=44.

Huq, S., Rahman, A., Konate, M., Sokona, Y., Reid, H., 2003, “Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries (LDCS)”, International Institute for Environment and Development, London.

IIED, 2007, “Reducing risks to cities from climate change; an environmental or a development agenda? ” *Environment & Urbanization Brief-15*, International Institute for Environment and Development (IIED), mai, http://www.iied.org/pubs/pdfs/10548IIED.pdf.

International Scientific Steering Committee, 2005, *Avoiding dangerous climate change: international symposium on the stabilisation of greenhouse gases concentrations*, Hadley Centre, Met Office, Exeter, Royaume–Uni, <http://www. stabilisation2005.com/ Steering_Committee_Report.pdf>.

Jones, S., 2009, “A quiet revolution: City governments tackle global warming”, *Australian Review of Public Affairs*, July, 7 p., www.australianreview.net.

Jones, R.N., 2000, “Managing uncertainties in climate change projections: issues for impact assessment”, *Climatic Change*, **45**, 403–419.

Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., 2001, *Climate Change, Vulnerability and Social Justice*, Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., 2005, *The Social Contours of Risk, vol. 1,* Earthscan, London.

Kasperson, R., 2005, ‘‘Human Vulnerability to Global Environmental Change: The State of Research’’, Presentation at the Fifth Annual IIASA-DPRI Forum Integrated Disaster Risk Management, Innovations in Science & Policy, 14–18 September 2005, Beijing.

Kates, R.W., 2000, “Cautionary tales: adaptation and the global poor”, *Climatic Change*, **45**, 5–17.

Kelly, P.M., Adger, W.N., 2000, “Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation”, *Climate Change*, **47**, 325–352.

Kerven, G.Y., 1995, *Eléments fondamentaux des cyndiniques*, Economica, Paris.

Keskitalo, E.C.H., 2004, “A framework for multi-level stakeholder studies in response to global change”, *Local Environment*, **9**, 425–435.

Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., et Mimura, N., 2009, “Coastal adaptation to climate change:can the IPCC technical guidelines be applied?“, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol.4, **3-4**, 239-252.

Klein R.J.T., Huq S., Denton F., Downing T.E., Richels R.G., Robinson J.B. et Toth F.L., 2007, “Inter-relationships between adaptation and mitigation”. In GIEC, 2007, GT II., 745-777.

Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., et Thomalla, F., 2003, “Resilience to Natural Hazards : How Useful is the Concept ?”, *Environmental Hazards*, 35-45.

Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., Mimura, N., 1999, “Coastal adaptation to climate change: can the IPCC Technical Guidelines be applied? ”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **4**, 239–252.

Kousky, C., Schneider, S., 2003, “Global climate policy: Will cities lead the way?”, *Climate Policy*, 3, **4**, 359–372.

Knutti, R., 2008, “Should we believe model predictions of future climate change ?”, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **366**, 4647–4664.

Kraas, F., 2003, ‘‘Megacities as Global Risk Areas’’, *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 147(4), 6–15.

Kuhlicke, Ch., et Steinführer, A., 2010, *Social capacity building for natural hazards. A conceptual framework*. UFZ and vTI, Leipzig and Braunschweig (CapHaz-Net WP1 report), http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP1_Social-Capacity-Building.pd.f

Lagadec, P., 2000, *Ruptures créatrices*, Éditions d'Organisation, Paris.

Lagadec, P., 1993, *La gestion des crises : outils de réflexion à l’usage des décideurs*, McGraw-Hill, Paris.

Laganier, R., 2011, « S’organiser face à la crise : un enjeu pour une meilleure résilience urbaine », *Séminaire « Résilience urbaine »,* ENS, Paris, 5 mai, http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/resilience/pres-ens.pdf.

Leichenko, R., et O'Brien, K., 2002, “The Dynamics of Rural Vulnerability to Global Change”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 7(1), 1-18.

Lhome, S., Serre, D., Diaby, Y., Laganier, R., 2010, « Résilience urbaine et réseaux techniques : une approche par l’analyse spatiale pour une évaluation possible de la résilience urbaine », *Séminaire « Résilience urbaine »,* ENS, Paris, 4 novembre, http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/resilience/pres-ens.pdf.

Liverman, D., 2001, “Vulnerability to global environmental change”. In J. X. Kasperson and R. E. Kasperson (eds), *Global Environmental Risk*, Earthscan and United Nations University Press, London.

Luers, A.L., 2005, ‘‘The Surface of Vulnerability: An Analytic Framework for Examining Environmental Change’’, *Global Environmental Change*, 15, 214–223.

Luers, A.L., Lobell, D.B., Sklar, L.S., Addams, C.L., et Matson, P.A., 2003, "A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico", *Global Environmental Change*, vol. 13, 255-267.

Magnan, A., 2009, « Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9, **3**, décembre.

Magnan, A., 2008, « L'adaptation, *toile de fond* du développement durable », *Synthèses Iddri*, **8**, Paris, www.iddri.org.

Magnan, A., Garnaud, B., Billé, R., Gemenne, F. et Hallegatte, S., 2009, *La Méditerranée au futur : des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation*, IDDRI-Sciences-Po, mai, Paris, 43 p.

McBean, G. et Henstra, D. , 2003, *Climate Change, Natural Hazards and Cities.* ICLR Research Paper Series – n°31, Institute for Catastrophic Loss Reduction, Toronto.

Mancebo, F., 2010, « *Les politiques d'aménagement de la Nouvelle-Orléans à l'épreuve de Katrina »,* 1er octobre 2010, developpementdurable.revues.org/index3273.html.

Mancebo, F., (2007), « Entre sécurité, peurs et catastrophes ». In : Le développement durable, une idéologie ? *Revue Deux Mondes*, oct-nov., 128-139.

Manyena, 2006, "The concept of resilience revisited", *Disasters*, 30, **4**, December, 434–450.

Masson, V., 2010, « Chapitre 8. Le climat urbain », in Coutard O. et Lévy J.-P. (sous la dir.), *Ecologies urbaines*, coll. Villes, Économica, Anthropos, Paris, 142-153.

Matheron, V., 2008, « Entre risques et catastrophes : une grille d'analyse de l'urgence ». In Brot, J., Callens, S., Gérardin, H., et Petit, O. (eds), *Catastrophe et gouvernance, Succès et échecs dans la gestion des risques majeurs*, EME (Editions Modulaires Européennes et InterCommunications, Collection « Proximités Sociologie », Cortil-Wodon, 67-80.

Mayunga, J., 2007," Understanding and applying the concept of community disaster resilience: a capital based approach", *Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*, 1-16.

McBean, G. et Ajibade, I., 2009, "Climate change, related hazards and human settlements, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **1**, 179–186.

McBean, G. et Henstra, D., 2003, "Climate Change, Natural Hazards and Cities", *ICLR Research Paper Series,* **31**, Institute for Catastrophic Loss Reduction, Toronto.

McGranahan, G., Balk, D., and Anderson, B., 2007,"The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones", *Environment & Urbanization*, 19(1), April.

MCEER, 2005, *White paper on the SDR Grand Challenges for Disaster Reduction, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research*, Executive Committee, Special Report MCEER-05-SP09, December, http://mceer.buffalo.edu.

Mechler, R., Hochrainer, S., Pflug, G., Lotsch, A., and Williges, K., 2010, Assessing the Financial Vulnerability to Climate related Natural Hazards, *World Bank Policy Research Working Paper* n° 5232, IIASA/World Bank, Washington.

Meesters, E.H., Bak, R.P.M., Westmacott, S., Ridgley, M., et Dollar, S., 1998, "A Fuzzy Logic Model to Predict Coral Reef Development under Nutrient and Sediment Stress", *Conservation Biology, 12,* 5, 957-965.

Mendelsohn, R., 2006, "The role of markets and governments in helping society adapt to a changing climate", *Climatic Change*, vol. 78, **1**, 203-215.

Menoni, S., 2011, "The ENSURE integrated framework for the vulnerability and resilience assessment", *Séminaire « Résilience urbaine »,* ENS, Paris, 3 juin, http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/resilience/pres-ens.pdf.

Metzger, P., et d'Ercole, R., 2008, « Enjeux territoriaux et vulnérabilité: une approche opérationnelle », *Colloque Vulnérabilités sociétales, risques et environnement : comprendre et évaluer*, 14, 15 et 16 mai 2008 à Toulouse, 11 p.

Meze-Hausken, E., 2000, "Migration caused by climate change : how vulnerable are people in dryland areas?", *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change*, 5(4), 379-406.

Mileti, D.S., 1999, *Disasters by Design : A Reassessment of Natural Hazards in the United States*, The National Academy Press, New York & Joseph Henry Press, Washington, 376 p.

Miller, F., Osbahr, H, Boyd, E., Thomalla, F., Bharwaani, S., Ziervogel, G., Walker, B., Birkmann, J., Van der Leeuw, S., Rockström, J., Hinkel, J., Downing, T., Carl, F., et Nelson, D., 2010, "Resilience and vulnerabilty, complementary or conflicting concepts?", *Ecology and Society*, 15(3), article 11, www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art11/.

Moran, E.F., 2000, *Human Adaptability*, Boulder, Westview Press.

Moss, S., Pahl-Wostl, C., et Downing, T., 2001, "Agent-based integrated assessment modelling: the example of climate change", *Integrated Assessment,* **2**, 17–30.

Moss, R.H., et Schneider, S.H., 2001, "Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for more consistent assessment and reporting", in: R. Pachauri, T. Taniguchi, K. Tanaka (Eds.), *Guidance Papers on the Cross-cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 33–51.

Niang-Diop, I., Bosch, H., 2004, *Formulating an adaptation strategy*. In: Lim, B., Spanger-Siegfried, E. (Eds.), Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures, Cambridge University Press, Cambridge.

Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J. et Marchand, M., 1999, "Increasing Flood Risk and Wetland Losses Due to Global Sea-Level Rise : Regional and Global Analyses", *Global Environmental Change*, 69-87.

November, V., 1994, « Risques naturels et croissance urbaine : réflexion théorique sur la nature et le rôle du risque dans l'espace urbain », *Revue de géographie alpine*, **4,** 113-123.

O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L., Schjolden, A., 2007, "Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses", *Climate Policy*, 7(1), 73–88.

O´Brien K., Eriksen S., Schjolden A., Nygaard L., 2004, "What´s in a Word? Conflicting Interpretations of Vulnerability in Climate Change Research", *CICERO Working Paper 2004/04,* Oslo, http://www.cicero.uio.no/media/2682.pdf.

O'Brien, K.L., et Leichenko, R.M., 2000, ''Double Exposure: Assessing the Impacts of Climate Change within the Context of Economic Globalisation'', *Global Environmental Change*, 10, 221–232.

Oke, T.R., 1987, *Boundary Layer Climates,* 2nd ed., London, 372 p.

OMM, 2011, « Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2010 », OMM-N° 1074, Genève, http://www.wmo.ch.

OMM, 2009, « Troisième conférence mondiale sur le climat », *Nouvelles du climat mondial,* 34, janvier, http://www.wmo.ch.

OMM, 2004, « Catastrophes naturelles », *Nouvelles du climat mondial*, 24, janvier, http://www.wmo.ch.

Orlove, B., 2005, "Human adaptation to climate change: a review of three historical cases and some general perspectives", *Environmental Science & Policy*, **8**, 589-600.

Pacteau, C., 2011, "Vulnérabilités urbaines : le changement climatique", http://www.gisclimat.fr/sites/default/files/CP_article_AA_janv2011.pdf.

Parker, D., Tapsell, S. et *al.*, 2009, "Deliverable 2.1. Relations between different types of social and economic vulnerability", Final draft report submitted to EU project 'Enhancing resilience of communities and territories facing natural and na-tech hazards' (ENSURE).

Parry, M., Arnell, N., McMichael, T., Nicholls, R., Martens, P., Kovats, S., Livermore, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., 2001, " Millions at risk: defining critical climate change threats and targets", *Global Environmental Change* 11, 181–183.

Paton, D., 2008, "Community Resilience: Integrating Individual, Community and Societal Perspective". In: Gow, K. et Paton, D. (eds), *The Phoenix of Natural Disasters: Community Resilience*, Nova Science Publishers Inc.

Paton, D. et Johnston, D., 2001, *Disasters and communities: vulnerabilities, resilience, and preparedness*, Disaster Prevention and Management, 10, **4**, 270–277.

Pelling, M., 2010, *Adaptation to Climate Change : from Resilience to Transformation*, Routledge, London.

Pelling, M., et Dill, C., 2010, "Disaster politics: Tipping points for change in the adaptation of socio-political regimes", *Progress in Human Geography*, 34, 21-37.

Pelling, M., High, C., Dearing, J., et Smith, D., 2007, "Shadow spaces for social learning : a relational understanding of adaptative capacity to climate change within organizations", *Environment and Planning*, A40(4), 867-884.

Pelling, M., 2003, *The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience*, Earthscan, London, UK.

Penney, J. et Wieditz, I., 2007, *Cities Preparing for Climate Change, A Study of Six Urban Regions*, Clean Air Partnership (CAP), May 2007, Toronto, www.cleanairpartnership.org.

Perrels, A., Veijalainen, N., Jylhä, K., Aaltonen, J., Molarius, R., Porthin, M., Silander, J., Rosqvist, T., Tuovinen, T., 2010, *The Implications of Climate Change for Extreme Weather Events and their Socio-economic Consequences in Finland*, VATT Research report 158, 157p.

Piaget, J., 1967, *Biologie et connaissance : essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*, Gallimard, Paris.

Pidgeon, N., Kasperson, R.E., Slovic, P., 2003, *The Social Amplification of Risk,* Cambridge University Press, Cambridge.

Pielke, R., Prins, G., Rayner, S. et Sarewitz, D., 2007, "Lifting the taboo on adaptation", *Nature,* **445**, 597–598.

Pigeon, P., 2010) « Catastrophes dites naturelles, risques et développement durable : Utilisations géographiques de la courbe de Farmer », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(1, avril 2010, http://vertigo.revues.org/9508.

Pigeon, P., 2009, « Enjeux et vulnérabilités cachées : Évolutions récentes en géographie des risques ». In Becerra, S, et Peltier, A, (dir.), *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, L'Harmattan, coll. Sociologies et Environnement, Paris, 53-64.

Pigeon, P., 2005, *Géographie critique des risques*, Économica, collection Anthropos, Paris, 217 p.

Polèse, M. et Shearmur, R., 2009*, Économie et urbaine et régionale*, 3e éd., Économica, Paris.

Prasad, N., Ranghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., et Sinha, R., 2009, *Climate Resilient Cities : a Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters,* International Bank for Reconstruction and Development/World Bank, Washington DC.

Provitolo, D., (2009), « Vulnérabilité et résilience : géométrie variable des deux concepts », *Séminaire Résilience*, ENS, Paris, novembre.

Provitolo, D. et Dauphiné A., 2007, « La résilience, un concept pour la géographie des risques », *Annales de géographie*, **654**, 115-125.

Quenault, B., 2009, « Changements climatiques et risques sécuritaires multiples », in Serfati C. (éd.), *Une économie politique de la sécurité*, coll. Hommes et Société, Khartala, janvier, Paris, 181-194.

Quenault, B. et Bertrand, F., 2010, « Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain ». In Dubreuil, V., Planchon, O., Quénol, H., et Bonnardot, V., (éd.), *Risques et changement climatique*, Actes du XXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes, 1er-4 septembre 2010, 493-498.

Quénol, H. , Dubreuil, V., Mimet, A., Pellissier, V., Aguejdad, R., Clergeau, P. et Bridier, S., 2010, « Climat urbain et impact sur la phénologie végétale printanière », *La Météorologie*, 68, février, 50-58.

Rabaud, É., 1922, *L'Adaptation et l'évolution*, Chiron, Paris.

Rahmstorf, S., 2007, "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise", *Science*, **315**, http://www.sciencemag.org, (DOI : 10.1126/science.1135456).

Rayner, S., Malone, E.L., 2001, "Climate change, poverty, and intergenerational equity: the national level", *International Journal of Global Environmental Issues*, **1**, 175–202.

Reghezza, M., 2006, *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*, Université Paris X – Nanterre, École doctorale Milieux, cultures et sociétés du passé et du présent, 5 décembre 2006, 382 p.

Reid, H., et Satterthwaite, D., 2007, « Le changement climatique et les métropoles : pourquoi les programmes urbains sont essentiels à l'adaptation et à l'atténuation », *Développement Durable Opinion*, International Institute for Environment and Development (IIED), décembre, London, www.iied.org.

Resilience Alliance, 2010, Key concepts, Resilience Alliance website, http://www.resalliance.org/

Revet, S., 2009, « De la vulnérabilité aux vulnérables. Approche critique d'une notion performative ». In Becerra, S., et Peltier A. (dir), *Vulnérabilités sociales, risque et environnement : comprendre et évaluer*, L'Harmattan, Paris, 89-99.

Revet S., 2008, *La vulnérabilité, une notion problématique? Un regard d'anthropologue*, Colloque Vulnérabilités sociétales risques et environnement: comprendre et évaluer, 14, 15 et 16 mai 2008, Université Toulouse – le Mirail, p 1.

Rey, A. (Ed.), 2006, *Dictionnaire historique de la langue française*, Dictionnaires Le Robert, Paris.

Roncayolo, M., 1990, *La ville et ses territoires*, Folio/essais, Paris.

Rose, A., 2007, "Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions", *Environmental Hazards*, **7**, 383–398.

Rumpala, Y., 2010, « Gouverner en pensant systématiquement aux conséquences ? Les implications institutionnelles de l'objectif de développement durable », *VertigO*, *la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(1, avril 2010, http://vertigo.revues.org/9508.

Rutter, M., 2006, "Implications of resilience concepts for scientific understanding", Annals of New York Academy of Sciences, vol. 1094.

Sánchez-Rodríguez, R., Seto, K., Simon, D., Solecki, W., Kraas, F. & Laumann, G., 2005, *Science plan: urbanization and global environmental change, International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, Report n° 15*, Bonn, http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/reports/UrbanizationSciencePlan.pdf.

Sanderson, D., 2000, "Cities, disasters and livelihoods", Risk Management: an International Journal, **2**, 49–58.

Sauri-Pujol, D., Roset-Pagès, D., Ribas-Palom, A. et Pujol-Caussa**,** P. (2001), "The escalator effect in flood policy : the case of Costa Brava, Catalonia, Spain", *Applied geography*, 21, 127-143.

Satterthwaite, D., 2008, "Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions", *Environment and Urbanization*, 20, **2**, 539–549.

Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C., et Walker, B., 2001, "Catastrophic shifts in ecosystems", *Nature*, 413, 6856, 591-596.

Schipper, E.L.F., 2006, "Conceptual History of Adaptation in the UNFCCC Process". *In : Review of European Community & International Environmental Law*, 15(1), 82-92.

Sen, A. K., 1981, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Clarendon, Oxford.

Soubeyran, O., et Chalas, Y., 2009, « Incertitude, environnement, aménagement, quelle rupture? ». In Y. Chalas, C. Gilbert, D. Vinck (*dir.*), *Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude ?*, , éditions des archives contemporaines, Paris, 135-157.

Simonet, G., 2010, Séminaire « Les villes et l'adaptation au changement climatique », co-organisé par le GIS Climat-Environnement-Société, l'UQAM et NSS, 27 et 28 avril 2010, www.gisclimat.fr/seminaires-ACC-villes.

Simonet, G., 2009, « Le concept d'adaptation : polysémie interdisciplinaire et implication pour les changements climatiques », *Nature, Sciences, Société*, 17(4), 392-401.

Smit, B., et Pilifosova, O., 2003, "From adaptation to adaptive capacity and vulnerability reduction", in Smith, J.B., Klein, R.J.T., et Huq, s. (eds), *Climate Change, Adaptive Capacity, and Development*, Imperial College Press, Londres, 9-28.

Smit B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J.T., Yohe, G., 2001, "Adaptation to climate change in the Context of Sustainable Development and Equity", in IPCC, *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC, Cambridge, Cambridge University Press, 877-912.

Smit, B., Klein, R.J.T. et Street, R., 1999, "The science of adaptation: a framework for assessment", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **4**, 199-213.

Smit, B., Burton, I., Klein, R., Wandel, J., 2000, "An anatomy of adaptation to climate change and variability", *Climatic Change* **45**, 223–251.

Smith, J.B., Ragland, S.E., Pitts, G.J., 1998, "A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change", *Water, Air and Soil Pollution,***92**, 229–238.

Smit, B., et Wandel, J., 2006, "Adaptation, adaptive capacity and vulnerability", *Global Environmental Change*, **16**, 282-292.

Solomon, S., Plattner G.-K., Knutti, R. et Friedlingstein P., 2009, Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions, PNAS, February 10, 106, **6**, 1704-1709, www.pnas.org_cgi_doi_10.1073_pnas.0812721106.

Soubeyran, O., 2003, « Adaptation ». In Lévy, J. et Lussault, M. (Dir.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, Paris, 44-45.

Stern, N., 2006, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, New York, 712 p.

Sutherland, K., Smit, B., Wulf, V., Nakalevu, T., 2005, "Vulnerability in Samoa", *Tiempo*, **54**, 11–15.

Taché, A., 2003, *L'Adaptation : un concept sociologique systémique*, L'Harmattan, Paris.

Tapsell, S.M., Tunstall, S.M., Green, C., Fernandez, A., 2005, "Task 11 Social Indicator Set", *FLOODsite report T11-07-01*, Enfield: FHRC, http://www.floodsite.net/html/publications.asp.

Theys, J., et Wachter, S., 2008, « Trois scénarios pour des villes post-carbone ? », *Urbanisme*, 363, 48-50.

Thywissen, K., 2006, "Components of Risk: A Comparative Glossary", *Studies Of the University: Research, Counsel, Education, 2*.

Travis, W., 2010, "Going to extremes: propositions on the social response to severe climate change", *Climatic Change,* **98**, 1-19.

Tubiana, L., Gemenne F. et Magnan , A., 2010, *Anticiper pour s'adapter. Le nouvel enjeu du changement climatique*, Pearson Education France, Paris.

Turner, B.L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A. et Schiller, A., 2003, *A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science*, Proceedings from the National Academy of Science, Vol. 100, n°14, pp.8074-8079.

UN-HABITAT, 2011 : *Les villes et le changement climatique : Orientations générales, Rapport Mondial 2011 sur les Etablissements Humains*, Version abrégée, Earthscan, London, Washington DC, http://www.unhabitat.org/grhs/2011.

UN-HABITAT, 2008 : *State of the World's Cities 2008/2009 - Harmonious Cities*, Earthscan, London, Washington DC, http://www.unhabitat.org/grhs/2008.

UNEP et UN-Habitat, 2005, *Climate Change : The Role of Cities*, Information Brochure, 2p.

UN/ISDR, 2005, *Hyogo framework for action 2005-2015. Building the resilience of nations and communities to disasters.* World Conference on Disaster reduction, Kobe, Japan, 18–22 January 2005, Kobe, Hyogo, http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-actionenglish.pdf.

UNDP, 2004, Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report, United Nations Development Programme – Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BRCP), New York, http://www.undp.org/bcpr/disred/rdr.htm.

U.S. Environmental Protection Agency, 2008, *Reducing Urban Heat Islands :Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics*, EPA, Etats Unis.

Vale, L.J., et Campanella, T.J., 2005, *The Resilient City. How modern city recover form disaster*. Oxford University Press, New York.

Veyret Y. et Reghezza M., 2006, « Vulnérabilité et risque, l'approche récente de la vulnérabilité », *Responsabilité et environnement, Annales des Mines*, 43, juillet, 9-13.

Veyret Y. et Reghezza M., 2005, « Aléas et risques dans l'analyse géographique », *Annales des Mines*, **40**, octobre, 61-69.

Villagràn de Leòn, J.C., 2006, "Vulnerability. A methodological and conceptual review", in *SOURCE,* **4**, UNU-EHS.

Vogel, C. et O'Brien, K., 2004, ''Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality'', AVISO – Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security, 13, http://www.gechs.org/publications/aviso/13/index.html.

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004, "Resilience, adaptability and transformability in socio-ecological systems", *Ecology and Society*, vol. 9, **2**, art.5. http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/

Walker, B., and Meyers, J.A., 2004, "Tresholds in ecological and socio-ecological systems: a developing database", *Ecology and Society*, 9(**2**), art.3.

Wallace, D., et Wallace, R., 2008, "Urban systems during disasters: factors for resilience", *Ecology and Society,* 13(1), art.18.

Weichselgartner J., 2004, « Changer au rythme des changements : les défis s'adressant à la gestion des risques naturels ». In : Veyret Y, Garry G. et Meschinet de Richemond N., (coord.), *Risques naturels et aménagement en Europe*, Armand Colin, Paris, 212-222.

Weichselgartner, J., et Kasperson, R.E., 2010, "Barriers in the science-policy-practice interface: toward a knowledge-action-system in global environmental change research", *Global Environmental Change,* 20(2), 266-277.

White, G., Kates, R. et Burton, I., 2001, *"Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazard management", Environmental Hazards*, 3(3), 81-92.

Wilbanks, T.J., Romero Lankao, P., Bao, M., et *al.*, 2007, "Industry, Settlement and Society", in IPCC, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge, Cambridge University Press, 357-390.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. et Davis, I., 2004, *At risk- natural hazards, people's vulnerability and disasters*, **2nd** ed, Routledge, London, 471 p.

World Bank Urban Sector Board, 2009, "Concept note", *Fifth Urban Research Symposium 2009: Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*, June, Marseille, http://www.urs2009.net/docs/concept_note.pdf.

World Bank, 2007, *Environmental Monitor: Adapting to Climate Change*, World Bank, Washington D.C.

Yohe, G., Malone, E., Brenckert, A., Schlesinger, M., Meij, H., et Xiaoshi, X. , 2006, "Global Distributions of Vulnerability to Climate Change", *Integrated Assessment Journal*, 6(3), 35–44

Yohe, G., et Tol, R.S.J., 2002, "Indicators for social and economic coping capacity – Moving toward a working definition of adaptive capacity", *Global Environmental Change*, 12(**1**), 25-40.

Young, O., 2010, "Institutional Dynamics: Resilience, vulnerability and adaptation in environmental and resource regimes", *Global Environmental Change*, 20, 378-385.

III. Annexes

III.1. Pluridisciplinarité des équipes de recherche des organismes partenaires

CITERES est une unité mixte, composée de trois équipes de recherche, qui mènent leurs travaux interdisciplinaires dans différentes aires chrono-culturelles sur un domaine commun : les processus de spatialisation et de territorialisation. La création de **l'équipe CoST**, centrée sur la « construction politique et sociale des territoires », sanctionne une dynamique de structuration de la recherche autour des dimensions territoriales des dynamiques sociales et de l'action publique initiée dans le cadre du centre de recherche « Ville, Société, Territoire » (1997-2007). Cette expérience de travail en commun a permis la création d'une équipe pluridisciplinaire, constituée d'enseignants-chercheurs, qui relèvent, essentiellement, de quatre disciplines (aménagement de l'espace-urbanisme, anthropologie et ethnologie, géographie, sociologie et démographie), et qui développent tous des travaux ancrés dans les méthodes des sciences sociales.

CLERSE est une unité mixte de recherche qui regroupe trois disciplines : sociologie, économie, anthropologie, dont l'objectif global et le sens du projet est de favoriser la recherche pluridisciplinaire. Le projet scientifique s'articule, pour le quadriennal 2006-2009, autour de huit programmes de recherche dont le programme « **Territoire, Environnement, Développement Durable (TEDD) »**, coordonné par Bertrand Zuindeau et Bruno Boidin, par ailleurs impliqués dans le réseau interdisciplinaire « Développement durable et territoires fragiles » abrité par la MESHS (ex-IFRESI). Le programme TEDD s'intéresse en particulier aux externalités environnementales et sociales comme freins à la dynamique territoriale et au développement durable.

CRESS-Lessor est une unité de recherche en sciences sociales qui réunit des juristes, des économistes, des gestionnaires, des politistes, des sociologues et des psychologues en poste au sein de l'UFR des Sciences Sociales de l'Université Rennes 2, de la Faculté de Sciences économiques de l'Université Rennes 1 et de l'Institut d'Etudes Politiques de Rennes. Cette équipe pluridisciplinaire est mobilisée autour de trois axes de recherche : Solidarités (nature des liens et des interdépendances entre les individus d'une société et les règles pour organiser ceux-ci), Performances (examen et évaluation des effets et impacts des différentes formes d'organisation sur les différents champs), Égalité (étude des valeurs, des objectifs et des normes de fonctionnement social et politique). **L'axe solidarité** regroupe notamment des chercheurs travaillant sur les problématiques du développement, de l'environnement, du développement durable et des changements climatiques.

EDYTEM est un laboratoire interdisciplinaire croisant sur de mêmes objets de recherche - les milieux et territoires de montagne - les problématiques, regards et méthodes développés en géologie, hydrogéologie, géographie et économie. Les recherches menées au sein des 3 équipes ont pour objet de répondre au mieux aux problématiques d'aménagement et de gestion durable des ressources et patrimoines de montagne, avec une attention particulière portée sur la part des héritages et sur les vulnérabilités (médiales, sociétales et territoriales). **L'Équipe III** (**Ressources patrimoniales, vulnérabilités et recomposition des territoires de montagne**), qui participe à ce projet, s'intéresse en particulier aux vulnérabilités et dysfonctionnements relevés dans les dynamiques médiales et territoriales pour proposer des modes de gestion intégrée.

ESO, qui regroupe cinq laboratoires : le CARTA à Angers, le CESTAN à Nantes, le CRESO à Caen, le GREGUM au Mans, le RESO à Rennes, est une unité pluridisciplinaire en sciences sociales (géographes, aménageurs, sociologie, psychologie environnementale, architecture et urbanisme) dont l'objectif scientifique est d'étudier la dimension spatiale des sociétés et leurs pratiques territoriales. Au **GREGUM,** l'équipe participant à ce projet, de nombreux travaux portent sur les politiques territoriales de développement durable et s'appuient sur la géomatique (Système d'information géographique et télédétection).

LIVE est un laboratoire pluridisciplinaire dont les travaux sont principalement consacrés aux espaces urbanisés, à l'analyse de leur organisation, de leur évolution, de leurs interactions avec les systèmes naturels et agricoles avec lesquels ils sont en contact. Ces espaces en mutation constante sont étudiés selon une approche systémique. Il s'agit de caractériser les géosystèmes urbains et leur trajectoire déclinée selon trois aspects : l'environnement urbain, la mobilité géographique et les temporalités urbaines. **L'équipe « environnement urbain et risque environnementaux »** a pour objectif d'améliorer la compréhension de l'environnement en milieu anthropisé et de mettre en évidence les risques, les nuisances, les impacts qui pourraient survenir à plus ou moins long terme sur le devenir des espaces urbanisés. Alliant études fondamentales et appliquées, elles vont des aléas à la production de supports d'aide à la décision. Les méthodes mobilisées vont de l'observation à la modélisation en passant par des enquêtes de terrains.

NOVELTIS a pour objectif principal de créer et de fédérer de fortes expertises scientifiques dans le domaine des Sciences Spatiales de l'Environnement et de l'Univers. Ses domaines d'intervention concernent les thématiques suivantes : la Physique et la Chimie de l'atmosphère, l'Océanographie et la Géodésie, la Biosphère continentale. Dans le cadre cette organisation, l'entreprise attache une grande importance aux aspects interdisciplinaires à la fois dans le domaine du transfert des techniques et des modèles physiques ou outils utilisés d'une thématique à l'autre et celui du couplage physique de modèles géophysiques. Pour confirmer son positionnement, NOVELTIS s'est employée à créer des relations de confiance et de partenariat avec le monde de la recherche spatiale et, pour conforter son métier, a cherché à consolider un ensemble d'outils bâtis autour de modèles provenant de travaux de recherche entrepris en commun avec les laboratoires.

III.2. Charte commune des mémoires de Master et des enquêtes de terrains

Problématique générale

De nombreux rapports et études montrent que les villes contribuent localement à l'aggravation des changements climatiques globaux et sont en outre vulnérables à ces changements. La réduction de cette vulnérabilité devient un enjeu fondamental des politiques territoriales visant à un développement urbain durable. Si beaucoup de villes sont déjà engagées sur des politiques d'atténuation des changements climatiques (notamment par la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre), elles sont encore peu nombreuses à avoir porté la question de l'adaptation aux changements climatiques (ce qui renvoie à la notion de résilience) dans leurs agendas et dans leurs politiques urbaines. Dans ce contexte, il s'agit de mener des investigations, à partir d'études de cas, concernant aussi bien des villes de pays développés que celles de pays en développement, pour analyser comment s'opère l'intégration des préoccupations climatiques dans les politiques urbaines (modalités, formes, objectifs, référentiels, instruments d'action etc.) et, plus précisément, pour apporter des éléments de réponse aux deux questions suivantes :

- Le contexte de changement climatique conduit-il à renouveler les approches de la vulnérabilité au sein des territoires urbains ?
- Est-ce qu'il induit une modification des politiques et des pratiques urbaines pour faire face spécifiquement au risque climatique en milieu urbain ?

L'enjeu est d'analyser à quelles conditions l'apparition ou l'exacerbation de vulnérabilités territoriales par le changement climatique peut-elle opérer comme levier pour la prise en compte d'enjeux globaux dans les politiques urbaines locales. Pour ce faire, il conviendra d'analyser aussi finement que possible les retours d'expériences fournis par les responsables locaux et autres parties prenantes (organismes publics, associations, ONG, bureaux d'études…) rencontrés afin d'apprécier l'état de mise en œuvre opérationnelle des stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique dans les milieux urbains étudiés en analysant les facteurs de réussite et d'échec ainsi que les retombées environnementales et socio-économiques de ces politiques destinées à accroître la résilience urbaine au changement climatique.

Introduction

Face aux enjeux urbains du changement climatique actuel et à venir, définitions des impacts, de la vulnérabilité, et de l'adaptation, et rappel du contexte national (régional ?) de lutte contre le changement climatique (dispositions institutionnelles, législatives, etc.).

Méthodologie

- Un travail d'état de l'art consistant à analyser, à partir de la littérature disponible, des démarches de mise à l'ordre du jour des enjeux de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques dans les politiques locales des villes.

Et/ou

- La réalisation d'une monographie sur la ville retenue comme terrain d'étude grâce à une enquête approfondie basée sur l'analyse de documents (rapports, articles, séminaires, etc.) et des entretiens semi-directifs avec les personnes ressources au plan local (élus, responsables locaux).

Présentation du territoire de la collectivité

Rappel des caractéristiques géographiques, socio-économiques et politico-administratives du territoire, et de l'historique de celui-ci concernant notamment les risques climatiques et les pressions environnementales et économiques pertinentes. Face à un même aléa climatique, les territoires sont exposés à un degré différent et sont plus ou moins vulnérables selon leurs caractéristiques géophysiques et socio-économiques et leur organisation politico-administrative. Indiquer la place de la ville dans l'armature urbaine et effets en chaînes potentiels (capitale décisionnelle, etc.).

Rappel des compétences locales (par exemple, environnement, ordures ménagères, hygiène, espaces verts, maîtrise d'ouvrage - ou délégation de maîtrise d'ouvrage - des réseaux de gaz, d'électricité, d'eau, d'assainissement, chauffage urbain en délégation de service public, urbanisme, équipement, logements, voiries, etc.) et de la structure de gouvernance locale au plan de l'organisation (maire nommé ou élu, structure fédéraliste ou centraliste…) et de la formalisation de politiques publiques spécifiques (planification et maîtrise de l'urbanisation, gestion/prévention des risques naturels, etc.).

Rappel des démarches engagées en matière de protection de l'environnement, de développement durable et de gestion des risques naturels et des actes politico-administratifs marquant l'engagement de la collectivité (charte d'environnement, plan municipal d'environnement, A 21 local, programme de prévention des risques ou PPR, plan climat territorial ou PCT, etc.).

I. Représentation/caractérisation/modalité d'évaluation de la vulnérabilité urbaine au changement climatique

La caractérisation de la vulnérabilité au plan local, qui participe de la méthode de diagnostic et d'identification des enjeux liés au changement climatique, représente la première étape dans l'exploration des réponses et des modes d'actions des milieux urbains exposés aux conséquences du changement climatique.

La vulnérabilité se désagrège souvent en deux composantes physiques, l'exposition (probabilité d'occurrence de l'impact) et la sensibilité (enjeux exposés, caractéristiques socio-économiques et géophysiques, ampleur des conséquences) à un aléa (ici climatique), auxquelles s'ajoute une composante comportementale, la capacité d'adaptation (capacité d'ajustement d'un système face au changement climatique). La capacité d'adaptation vient en diminution ou en accentuation de la sensibilité du territoire, c'est-à-dire de la gravité des impacts potentiels. La vulnérabilité n'est pas un concept simple à appréhender, surtout dans un contexte de changement climatique : d'une part, les impacts des évolutions climatiques (et donc l'exposition future) sont incertains, surtout à l'échelle locale ; d'autre part, il n'y a actuellement pas de consensus sur les déterminants de la capacité d'adaptation et il semble bien que celle-ci soit largement contextuelle, freinant les velléités de comparaison à grande échelle. L'enjeu est d'analyser la manière dont la vulnérabilité au changement climatique, qui relève par définition d'une construction sociale, est appréhendée au niveau local.

Appréhension, définition de la vulnérabilité :

1. De quelle manière la vulnérabilité au changement climatique telle qu'elle est exprimée dans le cadre institutionnel (international ou national) se trouve-t-elle relayée et traduite au plan local ?
2. Y a-t-il correspondance entre les visions des experts et des scientifiques dans la définition et la caractérisation de la vulnérabilité et l'appréhension qui en est faite par les acteurs locaux ?
3. Quels ont été les éléments déclencheurs d'une prise en compte locale des effets du changement climatique par les pouvoirs publics (événements extrêmes passés, modifications climatiques moyennes visibles associées au changement climatique, convictions portées par des personnalités politiques, poids de « l'opinion publique » locale, engagements citoyens ou d'acteurs privés, pressions des assureurs) ?

Exposition et sensibilité à l'aléa climatique :

1. Est-ce que le changement climatique (d'origine anthropique) est considéré comme ayant une spécificité par rapport aux risques naturels classiques (préexistants) ou comme étant un aléa parmi d'autres ?
2. En d'autres termes, est-ce que cette problématique du changement climatique a modifié la perception ou la représentation que les responsables locaux se font de la vulnérabilité de leurs territoires ?
3. Comment la collectivité a-t-elle procédé pour caractériser sa vulnérabilité aux impacts du changement climatique ?
4. La vulnérabilité a-t-elle fait l'objet d'une analyse spécifique poussée ?
5. A-t-elle été prise en compte de manière globale et multidimensionnelle ?
6. Quelle entité (bureau d'études, experts locaux, ONG, etc.) s'est chargée de caractériser et/ou d'évaluer la vulnérabilité du territoire à la variabilité et au changement climatiques ?
7. Quels sont les facteurs (physiques, techniques, socio-économiques, phénomènes naturels, météorologiques et climatiques…) et les dimensions (bio-physique, technique ou fonctionnelle, socio-économique …) de la vulnérabilité qui ont été pris en compte ?
8. Y a-t-il eu des analyses thématiques approfondies (tourisme, santé, biodiversité, etc.), une identification des éléments de continuité (invariants, tendances lourdes…) et de rupture (tendances émergentes…) ?
9. Pour les principaux impacts identifiés, le territoire a-t-il défini quelles conditions climatiques (ou combinaison de conditions climatiques) ont été à l'origine du problème (température dépassant 35°C, 30 jours consécutifs de sécheresse, 25 mm de pluie en 30 minutes, etc.) ? A–t-il élaboré des « seuils d'alerte » pour les principaux impacts ?
10. Les inégalités et les effets redistributifs (« répartition des impacts ») des impacts du changement climatique du point de vue géographique, sectoriel et individuel ont-ils été analysés, évalués ?

Capacité d'adaptation :

1. La capacité d'adaptation du territoire a-t-elle fait l'objet d'une analyse spécifique dans l'appréhension de la vulnérabilité ?
2. Comment a été analysée ou évaluée la capacité d'adaptation du territoire ?
3. Quels en sont les déterminants (attributs de la société - réseaux sociaux, cohésion sociale, tissu associatif -, diversification des activités économiques et des moyens d'existence, la flexibilité du système, les infrastructures en place, les capacités d'investissement, l'expérience dans la gestion des impacts) et les facteurs limitant d'après les acteurs locaux ?

Collecte des données et informations :

1. A quelle échelle territoriale (bassin de vie, commune, agglomération, intercommunalité, département, région, etc.) la collecte des données a-t-elle été opérée ?
2. Sur la base de quelle source d'information (souvenirs d'acteurs, presse locale ou régionale, sites ou organismes publics d'informations et de statistiques - nationaux, régionaux, locaux -, organismes spécialisés - chambre de

commerce, d'agriculture, agences de l'eau, etc.-, services compétents – directions et services techniques -, ONG, etc.) ?

3. Lorsque les informations n'existaient pas à l'échelon pertinent retenu, comment les données ont-elles été extrapolées (du local vers l'échelon supérieur) ou déduites de documents sur des zones géographiques plus étendues que celle étudiée ?
4. Une base de données (contenant la liste des événements climatiques, les conséquences - sanitaires, économiques, etc.- de chaque type d'événement, le ressenti des acteurs locaux et les actions entreprises par le territoire) a-t-elle été constituée ?
5. Quels sont les manques en matière d'information et de données ?

Evaluation de la vulnérabilité :

1. Comment la hiérarchisation des variables clés identifiées a-t-elle été opérée (rétrospective et dépouillement d'archives, documents cartographiques ou données statistiques existants, enquêtes sur le terrain), suivant quels critères, quelles pondérations pour chacun des facteurs pris en compte ?
2. A quelles échelles spatiales (à l'échelle du quartier, de la ville, de l'espace périurbain, de la région, etc.?) et temporelles (court, moyen ou long terme), l'évaluation de la vulnérabilité a-t-elle été conduite ?
3. Comment l'incertitude liée au futur (concernant les évolutions climatiques attendues : ampleur, occurrence, échéances, les impacts qui découlent de ces aléas, et les évolutions socio-économiques : démographie, activités, technologies, couverture terrestre et utilisation des terres, consommation d'énergie, etc.) a-t-elle été appréhendée ?
4. A quels horizons temporels ont été construits les éventuels scénarios prospectifs ?
5. Quelle est la méthode de descente d'échelle utilisée pour obtenir des simulations climatiques locales prospectives ? Comment le problème de « durabilité importée » de la ville a-t-il été appréhendé ?
6. Est-ce qu'il y a eu prise en compte des interactions potentielles entre les secteurs, les territoires (conflits d'usage sur les ressources, interdépendances, effets de propagations sectorielles ou spatiales, etc.) et des boucles de rétroactions dans l'évaluation de la vulnérabilité ?

II. Actions/réponses locales aux vulnérabilités identifiées : Description et analyse de l'engagement dans la démarche de lutte contre le changement climatique et de développement urbain durable

L'enjeu est ici d'explorer les modalités de l'action locale eu égard à la problématique du changement climatique et d'apprécier plus particulièrement l'effectivité des politiques d'adaptation locales en réponse aux risques et aux vulnérabilités précédemment caractérisés. Il s'agit également d'analyser les modalités d'articulation de cette action climatique (bilan carbone, actions/stratégie d'atténuation, actions/stratégie d'adaptation) avec d'autres démarches en cours sur le territoire ayant trait au développement durable (élaboration d'un agenda 21 local notamment). Au delà d'une indispensable politique d'atténuation (réduction des émissions de gaz à effet de serre et augmentation des puits d'absorption), une stratégie d'adaptation consistant à réduire les conséquences néfastes du changement climatique et à tirer profit des éventuelles opportunités doit être mise en œuvre pour permettre à chaque territoire d'éviter des dommages et des coûts inutiles sur les installations, les infrastructures et des services essentiels des collectivités. Il s'agit ici d'apprécier l'effectivité des politiques entreprises par rapport à la vulnérabilité et aux objectifs identifiés.

Organisation de l'adaptation :

1. Qui assure le portage politique du projet (le maire, un élu local, un conseiller technique, etc.) ?
2. Les responsabilités sont-elles clairement identifiées et spécifiées en la matière ?
3. Y a-t-il une bonne transversalité entre les services de la collectivité impliqués ?
4. Une structure (ou un poste spécifique) de coordination du plan d'action a-t-elle été créée ?

Objectifs et priorités d'action retenus : l'adaptation à quoi, pour qui, comment ?

1. Quels moyens ont été mis en œuvre face à un événement ? Quels ont été ceux les plus efficaces ? Des manques de moyens ont-ils été identifiés ?
2. Lorsqu'un événement est survenu plusieurs années de suite, quelles différences a-t'on observées entre deux occurrences ? Le territoire a-t'il mis en place des mesures de prévention ? d'adaptation ?
3. A quoi s'adapte-t-on ? A la variabilité climatique, aux changements climatiques ou au deux[82] ?
4. L'adaptation pour qui ? Quels sont les secteurs d'intervention (agriculture, forêts et espaces verts, biodiversité, transport, énergie et bâtiments, déchets, urbanisme et aménagement), les zones prioritaires et groupes cibles ?
5. Comment ont-ils été choisis, sur quels critères implicites ou explicites (demande solvable, poids électoral, importance économique, activité de lobbying) ont-ils été jugés prioritaires ?

[82] La Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC) distingue le changement climatique de la variabilité climatique par le fait que la seconde est naturelle alors que le premier est anthropogénique : « Le changement climatique est un changement du climat attribuable directement ou indirectement à l'activité humaine qui altère la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoute à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes comparables » (Article 1 de la CCNUCC).

6. S'agit-il d'une approche par projets ponctuels ou par programmes intégrés ? Les réponses locales face aux effets du CC sont-elles spontanées, au coup par coup, planifiées, explicites, privées, etc. ? Quels projets/actions sont envisagés comme devant être mis en œuvre maintenant, et ceux qui peuvent attendre ?
7. S'agit-il d'une approche par anticipation/prévention (action *ex ante*) - réseaux de surveillance, veille prospective, système d'alerte précoce, prévention des catastrophes, etc.-, ou par réaction (action *ex post*) - dispositifs d'urgence, systèmes d'assurance, éléments de protection : digues, bassins de rétention, etc.…), ou les deux ?
8. Comment ont été envisagés et opérés les arbitrages en matière de décision d'actions (suivant quels critères, priorités, indicateurs, pondérations, etc.) ?
9. Sur quels indicateurs (en termes de points de PIB ou autres) les chiffrages des coûts des impacts ou des mesures d'adaptation se sont-ils appuyés pour déterminer qui va perdre, quand et où ?
10. Des considérations d'équité en vue d'une répartition équitable des actions d'adaptation ont-elles également été mobilisées aux côtés de l'optimisation économique (sur quelle cible un euro dépensé génère-t-il le plus fort retour sur investissement ?)?
11. Comment a été abordée la question de l'articulation des différentes échelles spatiales et temporelles pertinentes pour l'action ?

Participation des acteurs, moyens financiers

1. Une coopération active et structurée avec les divers services impliqués, les groupes-cibles et avec les partenaires extérieurs existe-t-elle dans l'élaboration et la mise en œuvre du plan d'action en matière d'adaptation ?
2. Quel a été le degré de démocratie participative ? Y a–t-il eu consultation, concertation, ou négociation avec les différentes parties prenantes ? L'adaptation telle qu'elle a été conçue localement relève-t-elle d'une démarche descendante (*top-down*) ou ascendante (*bottom up*) ?
3. Y a-t-il eu mise en place d'instruments municipaux de financement spécifiquement dédiés au plan d'action, généralisation de nouveaux modes de financement ou un financement au coup par coup sur des ressources budgétaires classiques ? Quelle est l'importance des moyens engagés pour le plan d'actions ?

Effectivité des politiques :

1. Est-ce que les politiques d'adaptation telles qu'elles sont envisagées au plan local ne risquent pas de créer de nouvelles vulnérabilités ou de renforcer celles déjà existantes ?
2. Les projets d'adaptation à la variabilité climatique ne risquent-ils pas d'augmenter la vulnérabilité au changement climatique (« maladaptation »), principalement parce qu'ils ne tiendraient compte que des variations autour d'une moyenne, et pas de l'évolution de cette moyenne ? Si oui, il s'agit alors d'analyser le pourquoi et le comment de cette mal-adaptation.
3. Des évaluations régulières de l'effectivité des politiques et actions engagées au regard des objectifs fixés sont-elles menées ? Y a-t-il un comité de pilotage et de suivi ? Quelle est sa composition ?
4. La démarche d'adaptation est-elle coordonnée/intégrée au volet « atténuation » du changement climatique ?
5. Existe-t-il une intégration/articulation de la politique climatique avec celle de développement durable ?
6. Quels sont les facteurs de réussite, les points de blocage ? Un processus d'amélioration permanente existe-t-il ? Quelles sont les pistes choisies pour l'amélioration ?