

Études & documents

*Exposition aux risques catastrophiques,
politiques de prévention et marchés de
l'immobilier en France -
État de la connaissance en économie*

n° 134
Novembre
2015

RISQUES

ÉCONOMIE ET ÉVALUATION



Cette étude a été réalisée dans le cadre de la participation du CGDD aux travaux de l'Observatoire national des Risques naturels visant à améliorer la connaissance et l'analyse économique des risques naturels et des politiques de prévention.

Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du
Développement Durable (SEEIDD)
du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)

Titre du document : Exposition aux risques catastrophiques, politiques de prévention et marchés de l'immobilier en France. État de la connaissance économique

Directeur de la publication : Xavier **Bonnet**

Auteur(s) : Amélie **Mauroux***
() En poste au CGDD au moment de la réalisation de l'étude.*

Date de publication : Novembre 2015

Remerciements : L'auteur remercie Benjamin **Vignolles** (SOeS), Bruno **Vermont** (SEEIDD), Cédric **Peinturier** (DDTM Ille-et-Vilaine), Céline **Grislain-Letrémy** (CREST), Ronan **Le Saout** (INSEE) pour leurs remarques et échanges sur l'analyse des marchés immobiliers, les participants de l'Observatoire National des Risques Naturels, et la Caisse Centrale de Réassurance pour les données additionnelles.

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent.
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

SOMMAIRE

Résumé	3
I. Introduction	5
II. Effets de l'exposition au risque sur les prix de l'immobilier	7
II. 1. Quel devrait être l'effet du risque sur les prix immobiliers ?	7
II. 1. a. Formalisation du problème	8
II. 1. b. Solution dans le cas de logements identiques	9
II. 1. c. Assurance catastrophe naturelle	11
II. 1. d. Généralisation et équilibre sur les marchés immobiliers	12
II. 2. Méthodes d'estimation de l'effet du risque sur l'immobilier	13
II. 2. a. Préférences déclarées	13
II. 2. b. Préférences révélées	14
II. 2. c. Limites et précautions	15
II. 3. Résultats empiriques pour la France	15
II. 3. a. Expositions aux risques naturels	15
II. 3. b. Risques industriels	20
III. Perceptions des risques biaisées et conséquences pour les marchés immobiliers	21
III. 1. Information imparfaite	21
III. 2. Probabilités subjectives	22
III. 3. Décision en incertain	24
III. 4. Myopie et amnésie	26
IV. Quels ajustements des marchés immobiliers après une catastrophe?	27
IV. 1. Impact initial et effets de court terme	27
IV. 2. Dynamique temporelle et effet de long terme	27
IV. 3. Estimations	30
V. Comment les politiques de prévention des risques influencent-elles les marchés immobiliers?	33
V. 1. Assurance catastrophe naturelle	33
V. 2. Politiques de protection	33
V. 3. Zonages réglementaires	33
V. 3. a. Effet d'information sur l'exposition.	36
V. 3. b. Effet des prescriptions	36
V. 3. c. Réglementation et limitation de l'usage des sols	37
V. 3. d. Résultats empiriques	39
V. 4. Information préventive	40
V. 4. a. Résultats	41
VI. Conclusion - Synthèse	44
Références bibliographiques	46

Résumé

Cette étude propose un état de la connaissance en économie sur l'interaction entre exposition aux risques catastrophiques, politiques de prévention et marchés immobiliers. L'ampleur des pertes humaines et matérielles causées par les catastrophes naturelles et industrielles est intimement liée aux choix d'implantation et de résidence des populations. Mieux comprendre le fonctionnement des marchés immobiliers locaux et la formation des prix peut fournir de précieux enseignements sur les déterminants des choix résidentiels des ménages ainsi que sur leur perception en matière d'exposition aux risques.

Ce document identifie les mécanismes théoriques d'intégration du risque par les marchés immobiliers et discute les hypothèses de modèles de référence, notamment en termes de perception des risques par les agents. Il détaille et discute les effets potentiels à la hausse et à la baisse sur les prix des événements catastrophiques et des politiques publiques (assurance obligatoire, ouvrage de protection, zonages réglementaires, information préventive) sur les marchés immobiliers. Il dresse également un état des lieux critique des études réalisées sur données françaises et identifie les questions encore largement inexplorées, malgré un fort intérêt des acteurs de la prévention des risques.

Des synthèses de cette étude sont publiées sous format de 4 pages dans les collections du CGDD. Le point sur n°214 « Risques et marchés immobiliers – L'influence du risque inondation sur le prix des logements » et Le point sur n°215 « Risques et marchés immobiliers – Effets des politiques de prévention sur le prix des logements ». Par ailleurs, une étude évalue l'impact de l'obligation d'information acquéreur locataire (IAL) sur les prix immobiliers, Etudes et documents n°132 "L'information préventive améliore-t-elle la perception des risques majeurs ? Impact de l'Information Acquéreur Locataire sur le prix des logements".

Abstract

This article reviews theoretical and empirical findings in economics on the interaction between exposure to catastrophic risks, prevention policies and real estate markets. Casualties and material losses caused by natural and industrial catastrophes are mainly driven by geographical patterns and residential choices. Better understanding local real estate markets functioning and price setting mechanisms gives precious informations on the determinants of households residential choices and on their perceptions on risk exposure.

This article first identifies the theoretical mechanisms by which risk real estate markets integrate natural and industrial catastrophic risk and discusses the underlining assumptions of the reference theoretical models, in particular the assumption on risk perception. All possible positive or negative impacts of catastrophic events and public policies (regulated zoning, compulsory insurance, flood defense structures, preventive information) on real estate markets are then detailed and discussed. This article also lists and critically reviews the existing studies on French data and identifies research questions still pending despite the lively interest of various risk prevention actors.

I. Introduction

L'exposition aux risques entraîne-t-elle une décote des prix immobiliers ? Les plans de prévention des risques (PPR) et les servitudes associées ont-elles un effet dépréciatif ? Ces questions en apparence simples sont l'objet de nombreuses controverses et soulèvent de nombreux défis méthodologiques. Elles renvoient à la question de la formation des prix immobiliers et l'intégration du risque, et donc en amont à celle de la perception et de la prise en compte des risques par les agents dans leurs choix résidentiels. Les marchés immobiliers sont soumis à de très nombreux déterminants (qualité du logement, localisation, tension entre l'offre et la demande, ...). L'exposition aux risques environnementaux n'est qu'un facteur parmi les autres mais il a la particularité d'être aléatoire et donc est souvent peu connu et mal perçu. Cette question renvoie à une problématique du secteur immobilier, le mécanisme de formation des prix locaux, mais aussi à de nombreux enjeux de politiques publiques, notamment la sécurité des personnes et la réduction de la vulnérabilité et des coûts en cas de catastrophes. L'objet de ce document est de faire un état de la connaissance scientifique en économie sur l'interaction entre exposition aux risques catastrophiques, politiques de prévention et marchés de l'immobilier en France.

Le risque peut être défini comme étant le résultat de la combinaison entre une source de danger (probabilité d'occurrence d'un événement et intensité de cet événement) et des enjeux soumis à cet aléa (nombre et vulnérabilité des populations, logements et installations, Grislain-Letrémy et Villeneuve 2012). Le risque encouru par les populations face aux catastrophes naturelles et industrielles est donc indissociable des choix d'occupation des sols et de résidence. Lorsqu'un ménage choisit un logement et sa localisation il détermine, en quelque sorte, son niveau individuel d'exposition au risque et le montant de dommages matériels et non matériels en cas de catastrophe. Les risques imposant une forme de servitude attachée aux biens immobiliers, ils devraient être reflétés dans les prix des logements. L'exposition aux risques naturels est souvent le pendant peu désirable d'un environnement par ailleurs attractif et recherché (vue sur un lac, sur un cours d'eau, proximité au littoral et à ses plages,...), ce qui tend à brouiller ce signal prix. La théorie économique du choix de logement en incertain prédit que les effets négatifs anticipés des épisodes de catastrophes devraient être capitalisés dans les valeurs immobilières. Le prix des logements situés dans des zones à risque devrait être, toutes choses égales par ailleurs, inférieur à celui des logements hors des zones exposées et l'écart de prix devrait être égal aux dommages anticipés (au sens mathématique du terme) plus une prime de risque, reflétant l'aversion au risque des agents.

Étudier les marchés immobiliers locaux permet de mieux comprendre la formation des prix. La réaction des marchés immobiliers à des politiques locales de prévention des risques fait l'objet de nombreux débats et controverses auxquels la recherche n'apporte pas à l'heure actuelle de réponse tranchée. Un axe important des politiques de prévention des risques est le contrôle de l'usage et de l'occupation des sols, visant à maîtriser, voire réduire, l'urbanisation existante (préemption de terrains exposés, expropriation de leurs occupants) et à encadrer l'urbanisation future (politique de zonage gelant les nouvelles constructions, imposant des prescriptions à la construction, etc.). La mise en place de zonages et la communication autour de l'exposition aux risques soulèvent souvent de vives inquiétudes, parfois sources de blocages, de la part des riverains et des acteurs locaux quant au risque d'un effet dépréciatif sur la valeur des logements situés dans les zones exposées (Chabbal, 2005) et des effets supposés négatifs sur l'attractivité et la dynamique territoriale. L'immobilier constitue en effet plus de deux tiers du patrimoine des ménages français (62 % en 2010, INSEE) et garantir le maintien de la valeur des propriétés constitue un élément de stabilité des communautés locales et donc d'acceptabilité de ces politiques de prévention des risques. Derrière la question de l'intégration du risque par les marchés se dégage alors l'enjeu de l'acceptabilité sociale des politiques de prévention des risques réglementant l'occupation des sols et la construction.

En outre, l'immobilier étant un marché, les comportements de choix seront révélateurs des préférences et des connaissances des agents vis à vis du risque. Les prix de biens immobiliers sont ainsi très souvent mobilisés comme méthode indirecte pour estimer le consentement à payer des individus pour la sécurité. C'est la base de la théorie des prix hédoniques : les variations spatiales du prix des logements en fonction du risque peuvent en principe révéler la valeur monétaire de la perte de bien-être causée par l'exposition au risque, et ainsi fournir une estimation des gains de bien-être que permettraient la réduction de l'exposition, dans une perspective d'analyses coûts bénéfiques. Les ménages ne feront néanmoins des choix éclairés et n'intégreront la dimension risque dans leur décision que s'ils ont connaissance et conscience de l'existence de ce risque. En France, 72 % des personnes résidant dans une commune exposée au risque d'inondation n'ont pas le sentiment d'être exposés à ce risque. Une personne sur cinq résidant dans une commune exposée au risque d'inondation déclare qu'elle ignorait la présence de ce risque lors de son installation, la moitié en avait connaissance mais a considéré que le risque était minime (Enquête Sentiment d'Exposition aux Risques Environnementaux, SOeS, 2014). Si la variabilité spatiale des prix immobiliers ne reflète pas les différences d'exposition aux risques, cela sera le symptôme que les ménages français n'en tiennent pas compte dans leur décision et que donc ils n'en ont soit pas connaissance, soit pas conscience. La méconnaissance partielle ou totale du risque est un frein à l'efficacité des politiques de prévention non seulement en termes de réduction des dommages mais aussi et surtout de sécurité des personnes. Des ménages non ou mal informés peuvent accroître leur vulnérabilité en s'installant sans le savoir dans des zones exposées ou soumises à réglementation, en n'adaptant pas leur logement (surélévation de l'électroménager, chambres à l'étage,...), en ne s'informant pas sur les comportements en cas de catastrophes, et en supportant une partie des conséquences (matérielles, sanitaires,...) en cas de catastrophes.

La contribution de ce document est double. Tout d'abord il s'agit de décomposer les mécanismes théoriques par lesquels le risque peut être intégré par les prix immobiliers, d'identifier les hypothèses sur le comportement des ménages et sur le fonctionnement

des marchés, et leur impact sur les résultats théoriques et d'estimation, pour être en mesure de déterminer les effets attendus de « chocs » comme les catastrophes ou de politiques publiques. Le second apport est la réalisation d'un état des lieux critique des recherches menées sur données françaises sur l'impact des risques et des politiques de prévention des risques sur les marchés immobiliers ainsi que l'identification de perspectives de recherches.

Seuls seront traités les risques environnementaux catastrophiques, c'est-à-dire soudains, de faible fréquence mais dont les dommages sont importants. Les risques chroniques ou émergents (pollution, risques sanitaires, réchauffement climatique, etc.) font appel à d'autres types de modélisation. Nous nous appuyerons sur l'exemple des risques naturels, en particulier celui des inondations. Les réflexions et résultats peuvent néanmoins également s'appliquer aux autres risques naturels (séismes, avalanches, etc.) ainsi qu'aux risques d'accidents industriels. L'analyse des marchés immobiliers sera centrée sur le prix de vente des logements résidentiels, sans perdre de vue leurs autres dimensions (prix des terrains, locaux commerciaux, volumes de transaction, loyers, etc.). Le corpus d'études statistiques sur la France étant relativement réduit, il sera complété par quelques exemples étrangers dans le but d'établir des points de comparaison mais aussi d'identifier les difficultés et défis méthodologiques et des perspectives de recherches futures.

Cet article est organisé comme suit. La première partie est consacrée à la formalisation théorique du choix résidentiel et de formation des prix pour identifier les différents mécanismes à l'oeuvre (partie 1). Nous présenterons également les méthodes d'estimations de prix hédoniques et les résultats des estimations sur données françaises de l'effet de l'exposition sur les prix immobiliers. Puis, nous étudierons quelles sont les prédictions de ce cadre de référence et les résultats empiriques lorsque les ménages ont une perception biaisée du risque (partie 2), qu'une catastrophe se produit (partie 3) ou que des politiques de prévention des risques sont mises en place (partie 4).

II. Effets de l'exposition au risque sur les prix de l'immobilier

Cette partie pose le cadre conceptuel théorique de la formation des prix immobiliers en fonction de l'exposition au risque.

Choisir un logement, c'est, en quelque sorte, choisir un niveau d'exposition au risque et un niveau de dommages matériels et non matériels en cas de catastrophe, toutes choses égales par ailleurs. On s'attend donc à ce que les valeurs des biens reflètent les différences de risques. Le modèle de prix hédonique en environnement risqué prédit que, en l'absence d'assurance, le différentiel de prix entre deux logements strictement identiques à l'exception que l'un est situé en zone exposée et l'autre non, sera égal aux dommages anticipés (espérance mathématique des dommages) plus un paramètre mesurant l'aversion au risque des ménages. L'existence d'une assurance réduit les dommages à la charge des ménages et donc cet écart de prix théorique.

Cette partie présente également les principales méthodes économétriques pour estimer l'effet du risque sur les prix immobiliers ainsi que les résultats disponibles sur données françaises. À la lumière des prédictions théoriques, y est notamment discuté dans quelle mesure les marchés immobiliers français capitalisent les risques naturels et industriels.

II. 1. Quel devrait être l'effet du risque sur les prix immobiliers ?

L'objectif de cette partie est d'identifier les mécanismes, les paramètres et les hypothèses clés de l'influence des risques environnementaux sur les marchés immobiliers. Un lecteur ne désirant pas entrer dans le détail de la formalisation théorique des choix des agents par rapport à la dimension « risque » des logements pourra, après la synthèse des résultats qui suit, reprendre la lecture à la sous partie 2.2.

La théorie des prix hédoniques développée par Rosen (1974) est le cadre conceptuel de référence pour l'analyse des prix immobiliers. On suppose qu'un logement se décompose en un certain nombre d'attributs intrinsèques (maison ou appartement, superficie, année de construction, nombre de pièces, de salle de bain, etc...) et extrinsèques liés à sa localisation (commerces à proximité, transports, parcs...). Son prix total est alors la somme des prix implicites que l'acquéreur est prêt à payer pour chacun des attributs du logement. Parmi les attributs liés à la localisation, il y a celui de l'exposition aux risques catastrophiques : selon son choix de localisation, le ménage sera dans une zone à risque (zone inondable par exemple) ou dans une zone sûre. Néanmoins, contrairement aux attributs directement observables comme la superficie ou le nombre de pièces, l'attribut « sûreté » d'un logement est aléatoire. Dans le cas du risque d'inondation par exemple, même si un acheteur est parfaitement informé de son exposition et des fréquences de retour de crue, au moment de l'achat il ne peut pas prédire le prochain événement, ni les hauteurs d'eau et ni l'ampleur des dommages. Le choix de localisation en fonction de l'exposition aux risques naturels et/ou industriels est donc une prise de décision en incertain. L'analogie est souvent faite entre le choix de s'installer dans une zone sûre plutôt qu'à risque et celui d'une assurance totale. En effet, en choisissant un logement en zone sûre, le ménage est garanti d'être systématiquement épargné en cas de catastrophe. Ce choix s'apparente donc à une assurance fictive complète qui indemniserait l'intégralité des dommages subis (y compris les coûts intangibles). Au contraire, choisir un logement en zone exposée peut s'apparenter à ne pas souscrire cette assurance fictive et à accepter de subir l'intégralité des dommages matériels et intangibles en cas de réalisation de l'aléa. Certains auteurs comparent donc la décision de se localiser en zone sûre à une décision d'auto-assurance (Brookshire et al. 1985)¹.

D'après la théorie économique du choix en incertain la sécurité devrait avoir un prix et le risque devrait être capitalisé par le marché. Dans le cas le plus simple où le ménage n'aurait le choix qu'entre deux logements strictement identiques à l'exception que l'un est situé en zone exposée et l'autre non, le modèle de prix hédonique pour une décision à risque prédit que le différentiel de prix sera égal aux dommages anticipés (espérance mathématique des dommages) plus un paramètre mesurant l'aversion au risque des ménages (combien seraient-ils disposés à payer pour que le risque ne soit plus aléatoire). Ce résultat se généralise à plusieurs niveaux d'exposition et à une loi de probabilité continue de l'aléa. Ainsi, même lorsque les ménages sont indifférents au risque (neutres au risque), on devrait observer, toutes choses égales par ailleurs, un écart de prix du fait de la capitalisation des pertes anticipées. Le risque est donc intégré dans la formule des prix des logements via trois paramètres :

- le niveau objectif de risque (loi de probabilité de l'aléa) ;
- le montant des dommages matériels par intensité de risque (fonction de dommage) ;
- les préférences des agents (aversion au risque).

Cet écart de prix sera d'autant plus grand que l'aléa est fréquent (probabilité d'occurrence élevée), que l'exposition augmente (dommages croissants) et que les ménages sont averses au risque. Tout élément affectant l'un de ces trois canaux modifiera l'équilibre et donc l'écart des prix. Ces résultats du modèle de prix hédoniques en incertain reposent sur un grand nombre d'hypothèses, notamment sur l'information et la perception des risques par les ménages supposées parfaites et objective, leurs préférences et

1. On distingue « auto-assurance » (actions qui permet de réduire les pertes en cas de sinistre) de l'auto-protection (actions réduisant la probabilité que les pertes aient lieu).

les marchés immobiliers. Elles sont explicitées dans la sous-partie suivante et largement discutées dans la suite du document.

Un système d'assurance couvrant les dommages causés par les catastrophes naturelles réduit le reste à charge financier des ménages sinistrés (hors dommages intangibles). Lorsque l'assurance est facultative, seuls les résidents des zones à risque ont intérêt à y souscrire. Si l'assurance tarifie les risques à leur juste coût, la capitalisation négative du risque dans les prix immobiliers passera donc par le montant de la prime d'assurance (Grislain-Létrémy et Villeneuve, 2012). Dans le cas où l'assurance couvrirait tous les dommages (assurance complète), le différentiel de prix entre logements en zone à risque et en zone sûre serait réduit à la prime d'assurance et ne dépendrait du risque que dans la mesure où cette prime est elle-même calculée en fonction du niveau d'exposition.

Le régime français d'assurance catastrophes naturelles est une extension de garantie obligatoire des assurances dommages aux biens et son taux de prime est uniforme et fixé par décret. Ainsi, logements situés hors et dans les zones à risques sont assurés et paient un montant de prime indépendant de leur exposition. La conséquence théorique d'un tel système est que les prix immobiliers ne capitaliseront pas le risque. Ce résultat suppose néanmoins que les agents connaissent l'architecture du système d'assurance catastrophe naturelle, notamment la couverture quasi complète des dommages tangibles et l'absence d'ajustement du montant de leur prime à leur niveau d'exposition.

II. 1. a. Formalisation du problème

On note $a = (a_1, \dots, a_n)$ le vecteur des n attributs intrinsèques du logement et d son degré d'exposition au risque. d peut par exemple représenter l'inverse de la distance à la source du risque (lit de rivière, littoral, site industriel,...), l'inverse de l'altitude. Plus le logement est près de la source de risque, plus d augmente. Par convention, un logement situé en zone sûre (distance infinie) aura une exposition $d = 0$. Par souci de simplicité, on suppose que l'exposition au risque d est indépendante des attributs a du logement². Conformément à la théorie de Rosen (1974), on suppose que le prix total du logement est la somme des prix implicites que l'acquéreur est prêt à payer pour chacun de ces attributs³. Le prix de vente d'un logement sera une fonction de chacun de ses attributs a et de son degré d'exposition d . On le note $p(a, d)$. Pour un attribut continu, la dérivée partielle de la fonction de prix hédonique par rapport à l'attribut a_j est défini comme le prix marginal implicite de cet attribut :

$$\frac{\partial p(a, d)}{\partial a_j} = p_{a_j}$$

Il s'agit du prix marginal de la j^{me} caractéristique dans le prix total du logement, lorsque les autres caractéristiques sont maintenues constantes. On suppose qu'un logement sans attribut a un prix nul ($p(0, d) = 0$) et que la fonction de prix hédonique est croissante et concave dans chacun des attributs ($p_{a_j}(a, d) > 0, p_{a_j a_j}(a, d) < 0$).

On note S l'ensemble des états de la nature. Les éléments de s suivent une loi de probabilité $G(s)$ supposée parfaitement connue⁴. En cas de réalisation de l'aléa, le ménage subit une perte monétaire D . Sans perte de généralité, on suppose que les dommages D sont fonction à la fois du paramètre d'exposition d (distance à la source de risque, altitude, vulnérabilité du bâti,...) et de l'état de la nature s interprété ici comme l'intensité de l'aléa (hauteur d'eau, intensité d'un séisme, ...), $D = f(d, s)$. On suppose que les dommages sont nuls dans la zone sûre ($f(0, s) = 0$) et dans l'état de la nature « pas d'aléa » ($f(d, 0) = 0$). On suppose que la fonction de dommages est croissante avec l'exposition et l'intensité de l'aléa ($f'_d > 0, f'_s > 0, f_{ds} > 0$).

On note $u(a, x)$ la fonction d'utilité retirée de l'occupation d'un logement ayant les caractéristiques a et de la consommation d'un panier de biens x . On suppose u croissante en a et x et concave ($u_{a_i}(a, x) > 0, u_{a_i a_i}(a, x) < 0$). On normalise à 1 le prix de ce panier de biens synthétiques. On suppose que le ménage dispose d'un revenu W et qu'il choisit le logement qui lui procure la plus grande utilité, étant donnée sa contrainte budgétaire.

Le revenu disponible du ménage est aléatoire car, selon la localisation de son logement, l'agent peut être affecté ou non par un choc négatif. Choisir une localisation revient donc à choisir un montant de dommages en cas de réalisation de l'aléa, et donc le niveau de revenu disponible $W - D$. La contrainte budgétaire en zone sûre est égale à $W = p(a, 0) + x$. Celle d'un agent situé en zone à risque ($d > 0$) sera égale à

$$\begin{aligned} W - f(d, s) &= p(a, d) + x && \text{si l'aléa se réalise } (s > 0) \\ W &= p(a, d) + x && \text{sinon } (s = 0) \end{aligned}$$

2. Cette hypothèse est forte car elle suppose que, par exemple, l'exposition du logement est indépendante de l'étage, de la proximité à une zone naturelle, etc.

3. Pour une présentation complète de l'application de la théorie des prix hédoniques au logement se référer à "Property value models" de Palmquist (2005).

4. Une inondation par exemple peut être caractérisée par différentes variables sa probabilité d'occurrence ou période de retour : fréquente (de l'ordre de la trentennale, c'est à dire ayant une chance sur trente de se produire chaque année), moyenne (de l'ordre de la centennale), extrême (de l'ordre de la millennale) son intensité : hauteur de submersions, vitesse de survenue, vitesse d'écoulement, durée de la submersion.

Le ménage résout le programme suivant :

$$\begin{aligned} \max_{a,d,x} \quad & EU(a, x) \\ \text{s.c.} \quad & W - f(d, s) = x + p(a, d) \end{aligned} \quad (1)$$

En exprimant x en fonction du revenu, du prix du logement et des dommages et en remplaçant dans la fonction d'utilité on peut simplifier le programme comme suit :

$$\max_{a,d} E[U(a, W - f(d, s) - p(a, d))] \quad (2)$$

Le ménage choisit le logement proposant la combinaison d'attributs a et d qui maximise leur utilité pour son niveau de revenu initial W .

On fait l'hypothèse que la fonction d'utilité de l'agent est de type von Neumann et Morgenstern⁵ de sorte que son espérance d'utilité est égale à la somme de son utilité dans les différents états de la nature, pondérés par leur probabilité d'occurrence. L'espérance d'utilité procurée par la jouissance d'un logement situé en d est

$$V(a, d) = E(u(a, d)) = pU_E[a, W - p(a, d) - D] + (1 - p)U_{NE}[a, W - p(a, d)]$$

où W est le revenu (ou la richesse), a les caractéristiques du logement, d la distance à la source de risque, $p(a, d)$ la fonction de prix hédonique (mesurée en termes annuels si le revenu est annuel), p la probabilité que l'aléa se réalise, D le montant des dommages et U_i l'utilité pour l'état i où i {est catastrophe, pas de catastrophe}.

L'espérance d'utilité en zone sûre est égale à :

$$V(a, 0) = E(u(a)) = u(a, W - p(a, 0))$$

L'espérance d'utilité en zone à risque est égale à :

$$V(a, d) = E(u(a, d)) = \sum_{i=1}^n p(s)u[a, W - p(a, d) - f(d, s)]$$

Dans un souci de simplicité, on raisonne ici en équilibre partiel, à offre et demande de terrain fixées et à localisation des logements existants fixée. On ne considère pas les problématiques d'occupation des sols en fonction de la rente foncière et des coûts de transports comme dans les modèles d'économie urbaine.

On suppose dans un premier temps que la loi de probabilité est connue et que les ménages ont une information parfaite et complète sur les prix de logements $p(a, d)$, sur l'exposition d des logements et sur leur richesse W . Le choix porte sur les décisions de localisation possible en fonction de leur degré d'exposition d .

II. 1. b. Solution dans le cas de logements identiques

On se place dans le cas le plus simple où le ménage n'a le choix qu'entre deux logements strictement identiques ($a_1 = a_2$), à l'exception que l'un est situé en zone inondable ($d > 0$) et l'autre non ($d = 0$). On suppose qu'il y a une probabilité θ qu'une inondation ait lieu et que le logement situé en zone à risque subisse un dommage D , et une probabilité $1 - \theta$ qu'il n'y ait pas d'inondation. On suppose que le ménage est averse au risque (fonction d'utilité concave). Pour un vecteur d'attributs a donné, la fonction d'utilité ne dépend plus que de la localisation. Les espérances d'utilité retirée de l'achat d'un logement en zone sûre et celle d'un logement en zone à risque sont respectivement :

$$\begin{aligned} EU|_{\bar{a},0} &= U[W - p(\bar{a}, 0)] \\ EU|_{\bar{a},d} &= \theta U[W - p(\bar{a}, d) - D] + (1 - \theta)U[W - p(\bar{a}, d)] \end{aligned}$$

Le ménage choisira de s'installer en zone à risque si et seulement si son utilité anticipée est supérieure quand il est en zone à risque ($d > 0$) que quand il est en zone sûre $d = 0$.

$$d > 0 \Leftrightarrow EU|_{\bar{a},d} \geq EU|_{\bar{a},0}$$

Si les marchés immobiliers sont parfaits, à l'équilibre, les prix dans les deux zones sont tels que les ménages sont indifférents entre les deux choix de localisation. Si ce n'était pas le cas, alors le ménage aurait intérêt à acheter son logement dans la zone où l'utilité est la plus élevée. Cela accroît la demande de logement dans cette zone et donc renchérit les prix de sorte que la richesse

5. Les préférences vérifient les axiomes de préordre total, de continuité et d'indépendance.

des ménages dans cette zone diminue. Les ménages s'installent dans cette zone tant que le différentiel d'utilité y est supérieur mais, ce faisant, ils contribuent à le réduire. À l'équilibre les niveaux d'utilité sont donc identiques.

$$\begin{aligned} E[U(d)] &= E[U(0)] \\ \Leftrightarrow \theta U[W - p(\bar{a}, d) - D] + (1 - \theta)U[W - p(\bar{a}, d)] &= U[W - p(\bar{a}, 0)] \end{aligned}$$

L'équivalent certain d'une richesse aléatoire est défini comme la richesse que l'on obtiendrait en moyenne. Dans le cas présent, l'équivalent certain du revenu disponible en zone à risque est égal à l'espérance de richesse :

$$\begin{aligned} c_d &= E[W - p(\bar{a}, d) - D] \\ &= W - p(\bar{a}, d) - \theta D \end{aligned}$$

La prime de risque ρ est définie comme le montant que le ménage serait prêt à payer pour « se débarrasser » des variations de richesse causées par le risque et obtenir l'équivalent certain de sa richesse (*un tiens vaut mieux que deux tu l'auras*) :

$$\begin{aligned} E[U(d)] &= U[c_d - \rho] \\ &= U[W - p(\bar{a}, d) - \theta D - \rho] \end{aligned}$$

On peut réécrire l'utilité en zone sûre comme suit et faire apparaître l'expression de l'équivalent certain de la richesse en zone à risque :

$$\begin{aligned} E[U(0)] &= U[W - p(\bar{a}, 0)] = U[W - p(\bar{a}, 0) - p(\bar{a}, d) - \theta D - p(\bar{a}, d) + \theta D] \\ &= U[(W - p(\bar{a}, d)) - \theta D - p(\bar{a}, 0) + p(\bar{a}, d) + \theta D] \\ &= U[c_d - p(\bar{a}, 0) + p(\bar{a}, d) + \theta D] \end{aligned}$$

La fonction $U(w)$ est strictement monotone. On déduit de l'égalité entre l'utilité en zone sûre et en zone à risque et de la formule de la prime de risque l'égalité suivante :

$$\begin{aligned} E[U(d)] = E[U(0)] &\Leftrightarrow U[c_d - \rho] = U[c_d - p(\bar{a}, 0) + p(\bar{a}, d) + \theta D] \\ &\Leftrightarrow \rho = p(\bar{a}, 0) - p(\bar{a}, d) - \theta D \\ &\Leftrightarrow p(\bar{a}, 0) - p(\bar{a}, d) = \rho + \theta D > 0 \end{aligned}$$

Ce résultat se généralise aisément au cas plus réaliste où le ménage peut choisir entre k zones inégalement exposées ($d_0 = 0$ et $d_1 < \dots < d_k$). Le dommage monétaire d'un événement d'intensité s sera égal à $D_k(s) = f(d_k, s)$. D'après les résultats précédents, le différentiel de prix entre un logement en zone sûre et un logement en zone k sera :

$$p(\bar{a}, 0) - p(\bar{a}, d_k) = \rho_k + \theta D_k > 0 \quad (3)$$

On en déduit que le différentiel de prix entre deux logements identiques mais situés respectivement en d_i et d_j sera égal à l'écart des pertes anticipées, plus l'écart des primes de risques associées :

$$p(\bar{a}, d_i) - p(\bar{a}, d_j) = \theta[D_j - D_i] + (\rho_j - \rho_i) \quad (4)$$

Si le risque est modélisé comme une variable aléatoire continue et que pour une intensité s_i les dommages en k sont égaux à $D_k(s_i) = f(d_k, s_i)$, le différentiel de prix conserve la même forme :

$$p(\bar{a}, 0) - p(\bar{a}, d_j) = E_s[D_j] + \rho_j \quad (5)$$

$$p(\bar{a}, d_i) - p(\bar{a}, d_j) = E_s[D_j - D_i] + (\rho_j - \rho_i) \quad (6)$$

où $E_s(\cdot)$ est l'espérance lorsque la variable aléatoire s a une distribution $G(s)$, supposée connue des ménages. Dans le cas des inondations, cela correspondrait, pour une même localisation, à des inondations avec des retours de crue différents ce qui se traduit par une intensité en termes de hauteur d'eau et de durée d'inondation décroissante avec la fréquence d'occurrence (crue décennale, crue trentennale, centennale, millénaire, etc.).

Ce modèle simple prédit que les valeurs des logements devraient refléter les différences d'exposition au risque. Si les préférences vérifient les axiomes de von Neuman et Morgenstern et si les ménages sont averses au risque, alors le différentiel de prix entre deux biens identiques devrait être égal à l'espérance des dommages en zone exposée au risque plus une prime de risque, reflétant l'aversion au risque des ménages. Les marchés capitalisant les pertes anticipées, cet écart de prix est croissant avec la probabilité d'occurrence (θ) et l'intensité de l'aléa (s).

Même en l'absence d'aversion au risque, on devrait observer un différentiel de prix entre les logements situés dans la zone 0 et la zone à risque j au moins égal à la somme des dommages anticipés dans la zone j . Si les ménages sont neutres au risque, le différentiel de prix est simplement le reflet de la capitalisation des dommages anticipés. Le différentiel de prix entre zone sûre et zone à risque augmente avec l'exposition au risque et il est maximal entre 0 et j .

II. 1. c. Assurance catastrophe naturelle

Les ménages de la zone à risque peuvent s'assurer contre les dommages causés par l'aléa pour réduire leur reste à charge financier en cas de sinistres (hors dommages intangibles).

Un contrat d'assurance est défini par une prime d'assurance π , par un taux de couverture α qui détermine l'indemnité reçue en cas de réalisation de l'aléa, et par une franchise F . En cas de sinistre, la perte de richesse est égale à $(1 - \alpha)D + F$ pour un ménage assuré, et à D pour un ménage non assuré. Si $\alpha = 1$ l'assurance est dite complète et $\alpha = 0$ correspond au cas sans assurance.

Assurance facultative. Dans le cas où l'assurance est facultative, les ménages de la zone à risque doivent choisir s'ils s'assurent contre les dommages causés par l'aléa ou non. Lorsque les ménages situés en $d > 0$ s'assurent, leur espérance d'utilité devient :

$$E[U[W - p(a, d) - \pi(d) - (1 - \alpha)f(d, s) - F]]$$

Sans assurance, leur espérance d'utilité est :

$$E[U[W - p(a, d) - f(d, s)]]$$

Ils s'assurent si l'espérance d'utilité avec assurance est supérieure à celle sans assurance.

Si les ménages situés en $d = 0$ s'assurent, l'utilité diminue :

$$U[W - p(a, 0) - \pi(0)] < U[W - (p, 0)]$$

Donc, si l'assurance n'est pas obligatoire, ils choisissent de ne pas s'assurer et leur utilité reste $U[W - (p, 0)]$.

L'assurance, même facultative, réduit le différentiel de prix entre deux logements identiques mais ayant une exposition différente au risque :

$$\forall i \quad E[U(a, d_i)] = U[W - p(a, 0)] \quad (7)$$

$$\Leftrightarrow p(a, 0) - p(a, d_i) = (1 - \alpha)E_s[D_i] + E[F] + \pi(d_i) + \rho_i$$

$$\forall i, j \quad p(a, d_j) - p(a, d_i) = (1 - \alpha)E_s[D_j - D_i] + \pi(d_j) - \pi(d_i) + \rho_j - \rho_i \quad (8)$$

La capitalisation négative du risque dans les prix immobiliers intègre le montant de la prime d'assurance. Dans le cas de couverture complète ($\alpha = 1$), l'écart de prix entre deux zones à risque sera égal à l'écart des primes de risque et des primes d'assurance. Il ne dépendra donc du niveau d'exposition au risque que si la prime d'assurance est elle-même fixée en fonction du niveau de l'exposition au risque.

Assurance obligatoire de type « Cat' Nat' ». En France, le régime d'assurance des dommages causés par des catastrophes naturelles repose sur un principe de solidarité nationale. La garantie « Cat' Nat' » est une extension de garantie des contrats d'assurances dommages aux biens que les compagnies d'assurance ont l'obligation légale de fournir. Le taux de cette prime est fixé à 12% de la prime de l'assurance multirisque habitation, quelle que soit la localisation du logement. La franchise est de 380 euros pour les particuliers. Ainsi même les logements situés hors des zones à risque sont assurés et paient la prime d'assurance⁶. Le montant de la prime « Cat' Nat' » est donc indépendant du niveau d'exposition au risque :

$$\forall d \geq 0, \quad \pi(d) = \pi$$

L'utilité des ménages en fonction de leur exposition sera :

$$U[W - p(a, 0) - \pi] \quad \text{pour } d = 0$$

$$E[U[W - p(a, d) - \pi - (1 - \alpha)f(d, s) - F]] \quad \text{pour tout } d > 0$$

L'impact attendu sur le différentiel de prix est le suivant :

$$\forall i \quad E[U(a, d_i)] = U[W - p(a, 0) - \pi] \quad (9)$$

$$\Leftrightarrow p(a, 0) - p(a, d_i) = (1 - \alpha)E_s[D_i] + E[F] + \rho_i$$

Dans le régime Cat' Nat', l'assurance est quasi complète de sorte que $\alpha \simeq 1$. L'écart de prix prédit par le modèle d'espérance d'utilité est réduit à la prime de risque et à l'espérance de franchise. Il est donc très largement inférieur à celui sans assurance obligatoire ni forfaitaire.

6. En cas de catastrophe technologique il existe également une assurance obligatoire « Cat' Tech' ». Elle est également déclenchée par un arrêté de catastrophe technologique mais contrairement aux catastrophes naturelles l'État n'encadre par le montant des primes et n'engage pas sa garantie.

La conséquence théorique de la mise en place d'une assurance obligatoire uniforme est une réduction du différentiel de prix hédonique entre logements exposés et non exposés. Les prix immobiliers ne capitalisent pas le risque. Ce résultat suppose néanmoins que les ménages ont une connaissance parfaite du système d'assurance et anticipent correctement le montant des primes et des remboursements. Il n'existe pas d'enquête testant les connaissances des ménages français s'ils sont assurés contre les catastrophes et quel est le montant de cette prime d'assurance. Néanmoins à dire d'experts du secteur des assurances, ce sont *a priori* les ménages ayant déjà été sinistrés et indemnisés dans le cadre d'une catastrophe naturelle qui ont la meilleure connaissance de ce système, les autres sont les plus souvent très mal informés de son fonctionnement.

II. 1. d. Généralisation et équilibre sur les marchés immobiliers

Demande de logements. On considère désormais que le ménage choisit simultanément a les caractéristiques de son logement et d sa localisation. Par souci de simplicité, on se limite au cas où la probabilité d'aléa est θ .

La résolution du programme 2 nous indique que le prix marginal de l'attribut d doit vérifier la condition suivante :

$$\frac{\partial V}{\partial d} = 0 \Leftrightarrow p'_d(a, d) = -\frac{\theta U'_{Ex} + (1-\theta)U'_{NEx}}{\theta U'_{Ex} + (1-\theta)U'_{NEx}} f'_d(s, d) \quad (10)$$

où U'_{Ej} est l'utilité marginale par rapport au bien j quand l'aléa se réalise, et U'_{NEj} quand il ne se réalise pas, et x est le bien synthétique de consommation. f'_d est négatif (la fonction de dommage est décroissante avec la distance à la source de risque), le prix marginal de la distance à la source de risque est donc positif.

Le prix marginal des autres attributs du bien est :

$$\forall i \quad \frac{\partial V}{\partial a_i} = 0 \Leftrightarrow p'_a(a, d) = \frac{\theta U'_{Ea_i} + (1-\theta)U'_{NEa_i}}{\theta U'_{Ex} + (1-\theta)U'_{NEx}}$$

$$p'_a(a, d) = TMS_{a_i/x}$$

On retrouve le résultat classique de la théorie des prix hédoniques : la valorisation de l'attribut i est donnée par l'utilité marginale que retire l'acheteur de ce bien (par rapport au bien de consommation synthétique/à l'argent). À l'équilibre, la valeur hédonique relative entre deux attributs est égale au taux marginal de substitution.

La valeur hédonique relative entre la sécurité et un autre attribut sera égale à :

$$\frac{p'_d(a, d)}{p'_a(a, d)} = -\frac{\theta U'_{Ex} f'_d(s, d)}{\theta U'_{Ea_i} + (1-\theta)U'_{NEa_i}} \quad (11)$$

Pour contrôler l'effet du revenu et du niveau d'utilité, Rosen introduit la notion de fonction d'enchères $\theta(z; u, W)$ définie comme la dépense maximale que le ménage est prêt à consentir pour les différents vecteurs z d'attributs pour un niveau d'utilité et de revenu constant⁷. Rosen (1974) montre qu'à l'équilibre les fonctions d'enchères des acquéreurs sont tangentes à la fonction de prix hédoniques pour chacune des caractéristiques du bien et que la fonction de prix hédoniques représente une enveloppe supérieure aux fonctions d'enchères.

$$\theta_{zi}(z, u) = p'_i \quad (12)$$

$$\theta(z; u, W) = P(z)$$

Des ménages avec des préférences et des niveaux de revenus similaires choisiront un ensemble d'attributs similaires. C'est au contraire l'hétérogénéité de revenus et de préférences entre les ménages qui les conduit à choisir des niveaux d'attributs différents, et qui explique donc la segmentation des marchés immobiliers.

Offre de logements. L'autre côté des marchés immobiliers est composé de fournisseurs de logements. Rosen (1974) suppose que ces vendeurs sont des constructeurs de logement qui cherchent à maximiser leur profit. À l'équilibre les valeurs des caractéristiques et les quantités d'attributs qu'ils fournissent sont telles que la pente de la fonction de prix hédonique pour l'attribut j (revenu marginal) est égale au coût marginal de production de j (coût marginal de production d'une unité additionnelle de bien j) :

$$c'_{zi} = p'_i$$

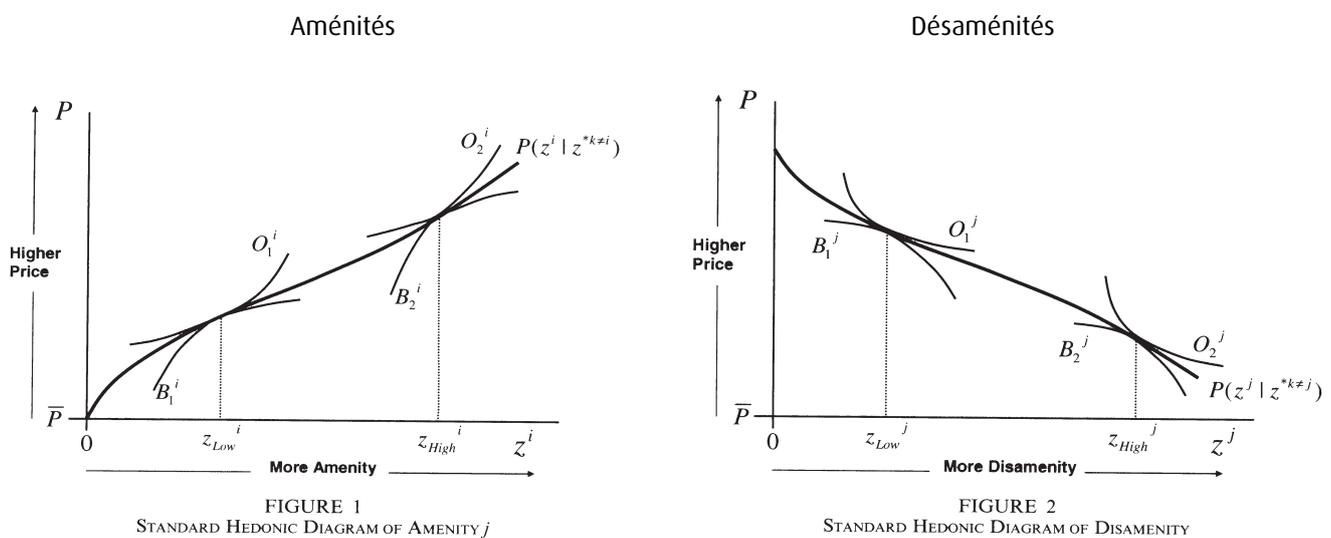
De la même façon que l'on avait défini des courbes d'enchères pour les acheteurs, on peut définir des courbes d'offres $O_j(z, \pi)$ pour les vendeurs en inversant la fonction de profit (pour un même niveau de profit les vendeurs offrent différents niveaux d'attributs pour différents prix). La fonction de prix hédonique est l'enveloppe inférieure des fonctions d'offres. Ce modèle peut être généralisé en considérant que les vendeurs sont propriétaires de logements déjà existants et font des offres en cherchant à maximiser leur utilité sur un marché avec une offre contrainte.

7. La fonction d'enchères, *bid function*, pour l'attribut j est obtenue en inversant la fonction d'utilité prise à l'optimum et en maintenant les autres caractéristiques constantes à leur niveau optimal.

Équilibre. À l'équilibre sur les marchés immobiliers la demande et l'offre s'égalisent. La figure 1 de droite (tirée de Pope, 2008) représente le diagramme du sentier des prix hédoniques quand l'attribut considéré est une désaménité z . À l'équilibre sur les marchés immobiliers, l'enveloppe des enchères des vendeurs pour cette désaménité (B_i) est tangente à celle des offres des vendeurs (O_i), toutes choses égales par ailleurs, et $P_i(z^i | z^* k)$ représentent les prix hédoniques d'équilibre. En chaque point de la courbe d'équilibre des prix hédoniques le prix marginal d'une caractéristique est donc égal à la propension marginale à payer d'un consommateur individuel pour cette caractéristique et au coût marginal de production d'un producteur individuel. Les prix implicites marginaux, donnés par la dérivée partielle du prix par rapport aux attributs, révèlent le consentement à payer des acquéreurs. Du point de vue de l'acheteur, le gradient de la courbe de prix hédoniques par rapport à la qualité environnementale donne le différentiel d'équilibre qui compense les ménages pour accepter un niveau de risque supérieur associé avec une qualité locale de l'environnement moins grande.

Les zones avec une qualité environnementale moins élevée devront avoir des prix de logements plus faibles pour attirer les acheteurs potentiels. Les différences de quantités choisies et offertes s'expliquent par l'hétérogénéité des préférences et des niveaux de revenus des acheteurs et des coûts de production des vendeurs.

FIGURE 1 – Diagramme des prix hédoniques



Source: Pope (2008).

II. 2. Méthodes d'estimation de l'effet du risque sur l'immobilier

II. 2. a. Préférences déclarées

La méthode la plus directe serait d'interroger, à travers des enquêtes ou entretiens, les individus sur leur perception du risque, et pour savoir dans quelle mesure ils en tiennent compte dans leur choix de logement et de prix, et surtout combien ils seraient prêts à payer pour réduire leur exposition au risque. La principale limite de cette approche est que les enquêteurs n'ont pas les moyens de vérifier que les réponses correspondent bien au comportement des agents en situation. Le problème des limites cognitives s'y ajoutent quand la question est complexe, mal connue et que le répondant a peu d'expérience sur le sujet et ne dispose pas de valeurs de références. C'est notamment le cas pour les risques majeurs. Plusieurs méthodes ont été développées pour tenter de corriger ces biais. On peut citer, par exemple, la méthode d'évaluation contingente qui utilise la reconstitution d'un marché fictif pour inciter les individus à révéler la valeur qu'ils accordent à un bien ou un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés (Déronzier et Terra, 2006). On soumet les personnes interrogées à plusieurs scénarios fictifs de restauration ou dégradation du milieu pour estimer la valeur qu'elles accordent au bien étudié. D'un point de vue théorique, le changement de qualité environnementale étudié (ici la réduction d'un risque) se traduit par une variation du niveau de bien-être des personnes concernées par le changement (Déronzier et Terra, 2006). La variation de bien-être liée à cette réduction du risque se classe dans l'un des deux cas suivants :

- augmentation du niveau de bien-être si la personne interrogée estime que cette mesure est « bonne » pour elle et est favorable à sa mise en oeuvre;
- absence de variation de bien-être si la personne interrogée est indifférente en ce qui concerne la mise en oeuvre de la mesure.

L'objectif de la méthode d'évaluation contingente est de traduire ces variations de bien-être en une mesure monétaire. Le premier cas (variation positive du niveau de bien-être) signifie que la personne est prête à payer pour bénéficier de la mesure qui augmente son bien-être. Le consentement à payer est défini précisément comme la somme d'argent qui laisse la personne indifférente entre le *statu quo* (avec un revenu inchangé) et le nouveau niveau de qualité (supérieur au précédent) avec un revenu réduit de cette somme. Ce consentement à payer est la mesure monétaire de la variation de bien-être engendrée par le changement de qualité environnementale.

II. 2. b. Préférences révélées

La plupart des études sur les déterminants des prix de l'immobilier et sur l'impact des risques privilégient les méthodes dites en préférences révélées, basées sur l'observation des choix effectifs de logements et les montants de transactions. L'hypothèse de base est qu'en observant les choix effectifs de consommation, on peut en déduire des informations sur les préférences relatives de personnes entre les biens. La limite de cette approche est qu'elle est réservée aux biens pour lesquels il existe un prix et donc un marché. Pour le sujet qui nous intéresse, on suppose que lorsqu'il choisit un logement, le ménage choisit en même temps un ensemble d'attribut et un niveau exogène de risque(s). Conformément à la théorie des prix hédoniques, le prix de marché du logement devrait refléter les préférences et l'acceptation des ménages vis-à-vis de ce(s) risque(s).

Une méthode simple d'estimation serait de comparer directement la différence de prix moyens entre les logements situés en zone à risque et en zone sûre, ou bien avant et après un événement de grande ampleur, et de faire des tests statistiques pour évaluer la significativité de la différence. Néanmoins, si les logements mis en vente ne sont pas parfaitement comparables d'une zone ou d'une période à l'autre tant dans leurs caractéristiques intrinsèques (superficie, nombre de pièces, standing, etc...) qu'extrinsèques (quartier, proximité aux services publics, qualité de l'environnement, etc...), alors le différentiel de prix risque de refléter ces différences de structures de l'immobilier et de composition des voisinages et non uniquement l'effet de l'exposition au risque. Des analyses « toutes choses égales par ailleurs » et le recours à la méthode dite des prix hédoniques (MPH) sont donc à privilégier.

L'équation de prix hédonique est la traduction empirique de l'hypothèse de Rosen selon laquelle le prix total d'un bien n'est autre que la somme des prix implicites de ces caractéristiques. Pour le logement i avec les caractéristiques observables X_i et vendu au prix P_i on cherchera à estimer le modèle suivant :

$$P_i = m(X_i, \beta) + \epsilon_i$$

pour les n logements présents dans la base de données, où $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})$ est le vecteur des caractéristiques et ϵ_i un terme d'erreur. Le choix de la spécification de la fonction de prix revient à l'économètre, elle peut être linéaire ($P_i = X_i\beta + \epsilon_i$), non-linéaire ou complètement non paramétrique⁸. β est le vecteur des coefficients $(\beta_1, \dots, \beta_k)$ correspondant aux estimations des pentes de la fonction de prix par rapport aux caractéristiques (x_1, \dots, x_k) (respectivement). Ces estimateurs représentent les propensions marginales à payer de l'équilibre de prix hédoniques précédemment décrit.

Cette technique présente l'avantage d'isoler l'effet individuel de chacun des attributs du bien sur son prix, en neutralisant l'effet du reste des caractéristiques. Sous l'hypothèse d'information parfaite et complète et de rationalité des agents, de marché unique, la MPH fournit une estimation du prix implicite de chacun des attributs. Dans le cas de l'exposition aux risques, on estime le consentement à payer pour l'attribut « sûreté » (ou le coût du risque). Si l'exposition au risque est exprimée par une variable dichotomique, alors le coefficient s'interprète comme le prix que les ménages sont prêts à payer pour un logement (hypothétique) identique situé hors de la zone à risque. S'il s'agit d'une distance, le résultat sera un gradient de prix (consentement à payer pour s'éloigner de 1 mètre de la source de risque). Le différentiel de valeurs déterminé par la MPH devrait donc en théorie se confondre avec le montant capitalisé des dommages et la prime de risque. En les comparant aux dommages moyens, on devrait, en théorie, pouvoir en déduire la prime de risque. Ces résultats peuvent être également utilisés pour calculer la valeur monétaire associée à la localisation en zone « sûre » plutôt qu'à risque. Ces éléments chiffrés sur les pertes évitées de bien-être peuvent permettre d'estimer les bénéfices éventuels de mesures de protection (Déronzier et Terra, 2006).

Les données utilisées pour mesurer la valeur des biens immobiliers sont le plus souvent les transactions de biens d'habitations résidentielles. Si les biens mis en vente au cours de la période étudiée sont représentatifs de l'ensemble du parc immobilier, alors les résultats pourront être extrapolés à la valeur du capital immobilier dans la zone étudiée.

Une des difficultés intrinsèques de l'estimation du prix implicite de l'exposition au risque est que l'exposition à un risque naturel est très souvent fortement corrélée à des avantages environnementaux (proximité au littoral, à un cours d'eau, à une forêt, vue, etc...), appelés aménités, souvent fortement valorisés par les acheteurs et tirant à la hausse les prix. Par exemple, vue sur le littoral et proximité à une plage et aux zones récréatives peuvent être des caractéristiques très recherchées par des acheteurs alors même qu'elles sont très corrélées avec l'exposition aux tempêtes et aux submersions marines. Effets négatifs de l'exposition au risque et effets positifs liés à la localisation peuvent se compenser. Il est en général difficile de les dissocier et d'identifier séparément

8. Pour plus de détail sur la mise en oeuvre des MPH voir « Guide de bonnes pratiques pour la mise en oeuvre de la méthode des prix hédoniques », Terra (2005).

les variations de prix dues à l'effet positif de l'aménité environnementale de celles attribuables à l'effet négatif de l'exposition au risque. Une variable valant 1 en cas de localisation dans un zonage à risque et 0 sinon risque de sous-estimer la valeur du risque associé à la rivière. Le recours à des Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour compléter les caractéristiques extrinsèques des logements est un moyen de disposer de données précises sur l'exposition au risque et sur l'aménité environnementale associée mais qui ne se recourent pas parfaitement, comme la distance à un cours d'eau et l'altitude du logement. Dans la pratique, les zonages déterminés par les plans de prévention des risques (PPR) sont parfois utilisés pour déterminer la localisation ou non du logement en zone à risque. Il est néanmoins préférable d'avoir recours à des cartes d'aléas ou à des cartes des zones historiquement touchées par des événements, car les cartes de risques des PPR sont définies non seulement en fonction de l'intensité et de la fréquence de l'aléa mais aussi de la nature des enjeux.

II. 2. c. Limites et précautions

Lors de l'estimation des modèles de prix hédoniques plusieurs problèmes sont fréquemment rencontrés :

- *Biais de variable omise* : l'hypothèse de base du modèle de prix hédoniques est qu'un logement n'est qu'un ensemble d'attributs, mais il n'est pas précisé desquels il s'agit. Les limites d'accès et de collecte de données peuvent par exemple obliger à ne pas inclure des variables dont on sait qu'elles sont déterminantes. La conséquence est que les résultats seront biaisés et que les termes d'erreurs seront hétéroscédastiques⁹. Une solution avancée pour réduire le biais de variables omises est le recours à des données de panels et/ou de données de ventes répétées (Palmquist 1982, Naio et al. 2009, Carbone et al. 2006).
- *Endogénéité* : les caractéristiques du bien ont un effet sur le prix, mais l'inverse peut également être vrai si les prix ont un impact sur les caractéristiques recherchées. Cela se passe comme si les acheteurs choisissaient un couple « prix, quantités » et non plus seulement des quantités en fonction des prix. Par exemple, lorsque les prix sont plus élevés, les logements achetés sont plus petits.
- *Multicolinéarité (colinéarité entre des variables explicatives)* : par exemple, il est vraisemblable que les nombres de pièces et de salles de bain soient très corrélés à la superficie du logement du fait des proportions classiques de construction. La conséquence en sera des estimations moins précises (écart-types élevés).
- *Auto-corrélation spatiale, liées à la dimension spatiale des marchés immobiliers* : la potentielle dépendance spatiale entre les observations géographiques, appelée auto-corrélation spatiale, correspond aux effets de voisinages. Le prix d'un logement donné peut être influencé par les prix des autres logements en vente à proximité ou par les ventes récentes de biens similaires dans le voisinage. Cela sera le cas si vendeurs et/ou acheteurs comparent les prix de plusieurs logements situés à proximité ou consultent le prix des ventes récentes dans le voisinage. Une autre source de dépendance géographique peut provenir du terme d'erreur si les variables omises ou les chocs inobservés par l'économètre ont une dimension géographique (problèmes de voisinage, criminalité, etc...).
- *Choix de la forme fonctionnelle et de la robustesse des résultats à la fonction choisie* : si la fonction est mal spécifiée, alors il est très peu probable que les coefficients estimés correspondent à la propension marginale à payer. Terra (2005) rappelle que, lors du choix d'une forme fonctionnelle, il faut également avoir à l'esprit les problèmes de colinéarité des variables explicatives. Plus la forme fonctionnelle est flexible, plus les problèmes de colinéarité sont importants.

II. 3. Résultats empiriques pour la France

Alors que, dans certains pays, la littérature sur l'impact de l'exposition aux risques sur les marchés immobiliers est très abondante, relativement peu d'études recourant à la méthode des prix hédoniques ont été menées jusqu'à présent en France. Les travaux réalisés sont uniquement des études de cas, principalement sur l'impact de l'exposition au risque d'inondation par débordement de cours d'eau et aux sites industriels Seveso sur le prix des logements résidentiels. Les marchés fonciers (terrains) et le risque de submersion marine n'ont fait l'objet d'études que récemment alors que l'impact de l'exposition au risque sur les décisions de mise en vente et d'achat (volumes de transactions) est encore inexploré. Les résultats de ces études sont reportés dans le tableau 1. Ils confirment que, pour les sites étudiés, la localisation d'un logement en zone inondable ou déjà inondée se traduit par une dépréciation des prix immobiliers, mais que le différentiel de prix est inférieur à celui prédit par la théorie de l'espérance d'utilité. De même, la proximité à un site industriel se traduit par une décote, mais uniquement quand celui-ci est visible.

II. 3. a. Expositions aux risques naturels

Les études mobilisant la méthode des prix hédoniques pour étudier l'impact de l'exposition aux risques naturels en France se limitent au risque inondation et à quelques territoires donnés : la basse vallée de la Canche (Longuépée et Zuideau, 2001), Champs sur Marne, Orléans et Montauban (Hubert 2005, Hubert, Capblancq et Barroca, 2003), Charleville-Mézières (Déronzier et Terra, 2006). Une étude récente traite de l'impact du risque de submersion marine sur les marchés immobiliers du littoral du

9. En cas d'hétéroscédasticité la variance des résidus n'est plus constante. Les formules habituelles des écarts-types ne sont plus valides, ce qui biaise les calculs de précision.

TABLE 1 – Synthèse des résultats sur la France

Etude	Type de risque	Zone d'étude	Période	Nombre d'observations	Caractéristiques extérieures	Variablen(s) d'exposition au risque	Probabilité du risque	Éléments pouvant affecter la perception du risque	Effet du risque
Longuépée et Zuindeau (2001)	Inondation	Basse vallée de la Canche	1995-1999	382	distance à la mer, proximité d'un milieu humide, de la Canche, de la route, du centre-ville	lit majeur de la Canche, emprise des crues décennale, centennale et de la crue de 1995	1/100 et 1/10	Crue centennale en 1995 adoption du PPRI en 1999	Dépréciation de 11,2 % du prix pour un logement dans la zone de la crue de 1995, autres variables non significatives.
Déronzier, Terra (2006)	Inondation	Charleville-Mézières	1986-2004	388	distance et vue sur la Meuse, distance aux gares, aux écoles, boulangerie, arrêts de bus, parc	Zone inondée en 1995 zonages d'aléas du PPRI	1/100	Crue cinquantennale en 1993 crue centennale en 1995, adoption du PPRI en 1999	Avant crue de 1995, pas d'effet de la localisation en zone inondable sur les prix. Après 1995, prix d'un logement en zone inondable à 21,7 % plus bas qu'en zone non inondable.
Hubert, Capblancq, Barroca (2003)	Inondation	Montauban	1966-2001	751 et 228	non	Zonages réglementaire du PPRI approbation du PPRI en 1999		Crue de 1996,	Décote en zone jaune (-125 euros/m ²) et bleue (-111 euros/m ²) du PPR par rapport à zone protégée, mais prix supérieurs en zone rouge. Prix par m ² habitables 45 % à 55 % supérieurs dans le quartier inondable (centre ville) par rapport à un quartier non inondable
	Inondation	Orléans	1998-2000	712	non	Zonages d'aléas du PPRI			
	Inondation	Champs sur Marne	1991-1999	150	non	Zone inondée lors de la crue de référence (1955)	1/100	Approbation Plan de Surface Submersible en 1994, Projet d'Intérêt Général en 1995, PPR prescrit en 1998	Prix moyen au m ² . 16 % plus élevé en zone inondable par rapport à zones non inondables
Dachary-Bernard, Tambonilaza, Lemarié-Boutry (2014)	Inondation	Estuaire de la Gironde	2002-2010	11258	distance à l'estuaire, à Bordeaux	Zonage du PPR, nombre d'arrêtés Cat' Nat dans la commune			Décote des prix liée à la localisation en zone PPR : terrains résidentiels : -59 % rive droite, -63 % rive gauche, terrains agricoles : -26 % rive droite, -75 % rive gauche, vignobles : -32 % rive droite, -56 % rive gauche. Effet positif d'un nombre d'arrêtés cat' nat dans la commune supérieur à la moyenne de l'estuaire.
Caumont (2014)	Submersion marine	Littoral du Nord-Pas-de-Calais	2002-2008 2011-2013		distance au littoral, au chef-lieu distance au littoral, au chef-lieu	Périmètre de prescription du PPR (à la commune) Niveau d'aléa (faible, fort, très fort, hors aléa)		Prescription du PPR submersion marine Intégration risque submersion marine à l'IAL en 2011	Pas d'effet significatif sur prix logements et terrains à bâtir de la localisation dans une commune soumise à PPR submersion marine (prescrit mais pas approuvé) Pas d'effet de la localisation en zone d'aléa faible du PPR sur prix des appartements, des maisons ni des terrains. Surcote de 25 % du prix des appartements en zone d'aléa fort et très fort par rapport à hors zone d'aléa.
Letombe et Zuindeau (2001)	Friche industrielle	Lens	1995-1997	262	non	Vue sur la friche, distance à la friche			Moins-value immobilière de 5 800 euros si vue sur la friche (environ 10 % prix moyen des logements). + 6 euros/m lorsque l'on s'éloigne de la friche.
Sauvage (1997)	Usines chimiques et pétrochimiques	Gaziers, Puget-sur-Argens, Carling, L'Hôpital, St-Gaudens	1988-1992	170, 64, 59, 91, 188	non	Distance aux usines			À Waziers et Puget-sur-Argens, pas d'effet significatif. Ailleurs les prix augmentent avec la distance. À L'Hôpital, prix : + 110F/m, i.e. environ de 4 % par 100m
Travers et al. (2009)	Usine chimique	Port-Jérôme (Seine Maritime)	2001-2002	225	distance aux routes, autoroutes, à la Seine, aires de jeux, mairie	Distance aux usines, localisation dans une zone de plan d'urgence		Accident AZF à Toulouse en 2001	Les prix augmentent de 9,2 euros/m, soit de 1,2 % par 100m
Grislain-Létrémy et Katossky (2013)	Usines chimiques et pétrochimiques	Bordeaux Dunkerque Rouen	2000-2008	1389 936 571	distance au centre-ville, à arrêt de bus, à place du marché, pharmacie, commerces, écoles	distance SEVESO la plus proche, localisation dans plan particulier d'intervention, dans zone de maîtrise d'urbanisme, vue sur l'usine (Rouen), autres nuisances		accident AZF à Toulouse en 2001	Dunkerque : + 10 euros/m quand on s'éloigne Rouen + 17 euros/m, soit de 1 % et 1,5 % pour 100m. Pas d'effet significatif à Bordeaux, site pas perçu comme dangereux

Nord-Pas-de-Calais (Caumont, 2014). Ces travaux portent uniquement sur le prix des logements, à l'exception de Caumont (2014) qui étudie également les prix de terrains à urbaniser et de Dachary-Bernard et al. (2014) qui s'intéressent aux terrains résidentiels, agricoles et viticoles de l'estuaire de la Gironde. Dans tous les cas, l'exposition au risque est mesurée par la localisation ou non en zone inondable, sur la base des zonages d'aléas des Plans de Prévention des Risques, des zones inondées par des crues historiques ou d'emprises de crues de période de crue de référence, le plus souvent centennale.

Les études sur la vallée de la Canche et Charleville-Mézières contrôlent l'effet de l'aménité environnementale grâce à des variables indiquant la proximité et/ou la vue depuis le logement sur le cours d'eau, distinctes des variables de localisation en zone inondable. Seule l'étude sur la vallée de la Canche distingue le niveau d'exposition (emprises de crues de retour de 10 à 100 ans). La qualité des variables décrivant les caractéristiques du logement et de son environnement au sens large dépend non seulement de la richesse des données de prix mais aussi de leur enrichissement éventuel par géocodage. Deux études ont eu recours à un Système d'Informations Géographiques (SIG). L'équation de prix hédoniques pour Charleville Mézières intègre la distance exacte entre le logement et différents services connus pour avoir un effet important sur les prix (transports en commun, commerce, écoles, parc, distance à un axe de circulation important,...). De même l'utilisation d'un SIG a permis à Caumont de calculer la distance au front de mer et ainsi de contrôler l'effet d'aménité positive de la proximité au littoral dans le Nord-Pas-de-Calais.

Toutes choses égales par ailleurs, un logement situé en zone à risque subit une décote de prix : - 11,2 % en moyenne pour les logements situés en zone de crue centennale dans la basse Vallée de Canche entre 1995 et 1999 par rapport aux logements hors de cette zone inondable (Longuépée et Zuideau, 2001), - 14 % à Charleville Mézières entre 1986 et 2004 (Deronzier et Terra, 2006), prix au mètre carré inférieurs pour les biens situés en zone inondable à Montauban (zone jaune ou bleue du Plan de Prévention des Risques) par rapport à ceux situés hors de ces zones d'aléa fort (Hubert et al., 2003). La significativité de ce différentiel de prix n'est néanmoins pas très élevée dans la Basse vallée de la Canche (seuil de 10 %) et n'est pas robuste aux différentes spécifications testées. À Charleville Mézières cet effet n'était pas significatif avant 1995 et la survenue d'une crue centennale : entre 1986 et 1995, les estimations économétriques ne permettent pas de conclure à un écart significatif de prix entre logements situés dans et en dehors des zones inondables. Entre 1996 et 2004, les prix des logements situés dans la zone inondable, et donc en partie inondée en 1995, ont enregistré, toutes choses égales par ailleurs, une décote de - 21 % par rapport aux logements hors de la zone inondable.

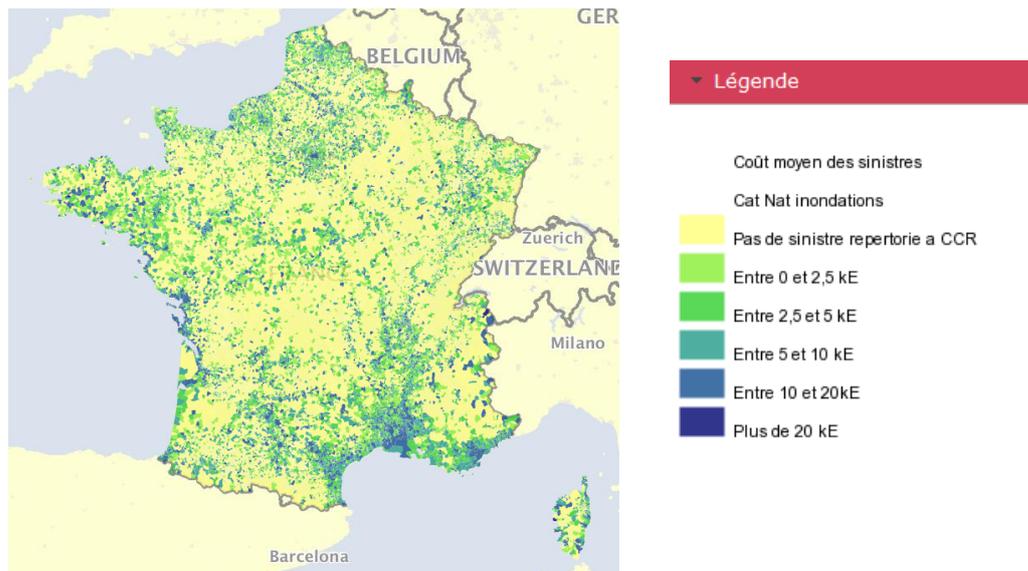
Capitalisation du risque. Pour apprécier l'ampleur de la capitalisation du risque dans les prix immobiliers et l'impact du régime d'assurance Cat' Nat', on aimerait pouvoir comparer la décote de prix observée au montant des dommages anticipés. D'après le modèle théorique présenté précédemment, dans le cas sans assurance, la décote estimée devrait être égale aux dommages totaux anticipés plus une prime de risque. En présence d'un régime d'assurance obligatoire de type Cat' Nat', la décote de prix devrait être égale à la somme d'une prime de risque, de l'espérance de franchise et des dommages non assurés. Observer un différentiel de prix entre les logements exposés et non exposés supérieur aux dommages anticipés conforterait donc les hypothèses que les ménages sont averses au risque et qu'ils connaissent mal le fonctionnement du régime d'indemnisation Catastrophe Naturelle.

Calculer les dommages anticipés suppose de connaître la loi de probabilité de l'aléa (fréquence, intensité) ainsi que les fonctions de dommages des logements correspondants (pertes par niveau d'intensité de l'aléa). Les coûts moyens des sinistres inondations catastrophes naturelles communaux (Caisse Centrale de Réassurance pour l'Observatoire National des Risques Naturels) sont les seules données locales disponibles sur le coût moyen du risque inondation anticipable par les ménages (carte 2). Le coût moyen des sinistres est calculé sur la période 1995-2011 et est obtenu en calculant le rapport entre les coûts des sinistres inondation et coulée de boue, inondation par remontée de nappes et inondation par submersion marine (actualisés en euros 2011 à l'aide de l'indice FFB) et le nombre de sinistres recensés par la CCR. Ces coûts moyens ne concernent que les biens assurés autres que les véhicules terrestres à moteur et ils sont nets de toute franchise. Ils ne couvrent que la partie assurable des dommages matériels, soit entre 60 % et 90 % du coût économique total d'après Grislain-Letremy (2009) et Sigma Re (2014).

À Charleville Mézières, avant 1995, le risque n'était pas capitalisé dans les prix immobiliers : toutes choses égales par ailleurs, le prix des logements situés en zone inondable n'était pas significativement différent de celui des logements en dehors des zones à risque (tableau 2). Ce résultat suggère donc que la prime de risque est nulle et les ménages sont neutres au risque. Après 1995 et la crue centennale de la Meuse, le différentiel de prix dépasse le coût moyen des dommages assurables à Charleville Mézières. De même, dans la Basse vallée de la Canche, le différentiel de prix estimé est jusqu'à deux fois supérieur au coût des dommages aux biens assurés. Plusieurs interprétations sont possibles mais elles confortent toutes l'hypothèse de capitalisation du risque par les marchés immobiliers et de forte aversion au risque des populations locales. Dans l'hypothèse où les ménages connaissent et anticipent l'indemnisation par le régime Cat' Nat', ces résultats indiquent que les prix immobiliers capitalisent les dommages non assurés et, ces derniers étant en principe inférieurs aux dommages assurés, intègre une prime de risque très élevée. Dans l'hypothèse plus vraisemblable de connaissance imparfaite de la couverture face aux risques naturels, ces résultats sont le signe que les marchés capitalisent au moins en partie les dommages assurés et que l'aversion au risque des populations locales est forte.

Il est toutefois difficile de tirer des conclusions générales des résultats de ces quelques études de cas. En effet, les estimations sur la Basse vallée de la Canche ne sont que faiblement significatives et ont été menées sur des transactions immobilières ayant lieu juste après une crue majeure de la Canche en 1995, de type centennale. Cette catastrophe naturelle a pu causer des dégâts

FIGURE 2 – Coût moyen des sinistres inondations au titre du régime Catastrophe Naturelle, entre 1995 et 2011



Note : le coût moyen des sinistres ne porte que sur les sinistres indemnisés par les assureurs au titre du régime des Catastrophes Naturelles (biens assurés autres que les véhicules terrestres à moteur), pour le péril inondation (inondation et coulée de boue, inondation par remontée de nappes et inondation par submersion marine), nets de toute franchise.

Sources : Caisse Centrale de Réassurance pour ONRN.

TABLE 2 – Décote de prix estimés et coût moyen des sinistres inondations en France

	Période étudiée	Décote du prix moyen des logements en zone inondable (en %)	Décote du prix moyen des logements en zone inondable (en euros 2011)	Coût moyen sinistre (en euros 2011)
Charleville Mézière	1984-1995 1996-2004	-0,6 -21,7***	-3699 -22824	Entre 10 et 20k euros Entre 10 et 20k euros
Basse vallée de la Canche	1995-1999	-11,1*	-9632	Entre 2,5 et 5 k euros
Attin		-11,1*	-8513	Entre 5 et 10 k euros
Beaumerie Saint Martin		-11,1*	-5743	Entre 2,5 et 5 k euros
Beutin		-11,1*	-11488	Entre 2,5 et 5 k euros
Bréxent-Enocq		-11,1*	-10473	-
Brimeux		-11,1*	-7405	Entre 2,5 et 5 k euros
Ecuire		-11,1*	-8636	< 2,5 k euros
La Calotterie		-11,1*	-11249	< 2,5 k euros
La Madelaine sous Montreuil		-11,1*	-10909	< 2,5 k euros
Marenla		-11,1*	-11328	Entre 2,5 et 5 k euros
Marles sur Canche		-11,1*	-6997	< 2,5 k euros
Montreuil sur mer		-11,1*	-8338	Entre 2,5 et 5 k euros
Neuville sous Montreuil		-11,1*	-6902	Entre 2,5 et 5 k euros
Saint-Josse		-11,1*	-17128	-
Sorris		-11,1*	-13118	-
Tubersent		-11,1*	-10941	< 2,5 k euros

*** significatif à 1 %, ** significatif à 5 %, * significatif à 10 %.

(*) valeurs fournies par les auteurs, (**) décote moyenne calculée par l'auteur sous les hypothèses suivantes : la décote moyenne estimée est uniforme sur la zone d'étude, même proportion de logements en zone inondable dans toutes les communes, soit 10,9 %.

Note : le coût moyen des sinistres ne porte que sur les sinistres indemnisés par les assureurs au titre du régime des Catastrophes Naturelles (biens assurés autres que les véhicules terrestres à moteur), pour le péril inondation (inondation et coulée de boue, inondation par remontée de nappes et inondation par submersion marine), nets de toute franchise.

Sources : Longuepée et Zuideau (2001), Déronzier et Terra (2006), CCR pour ONRN.

responsables de la dépréciation des biens situés en zone inondable et a vraisemblablement réactivé la mémoire du risque dans la région (voir partie sur l'impact des catastrophes). Il est donc difficile de savoir si, en l'absence de choc, ce marché aurait quand même intégré le risque dans les mêmes proportions.

Effet des aménités. Le différentiel de prix est également souvent (plus que) compensé par l'effet positif de la proximité à un cours d'eau ou au littoral. Le prix des logements situés à proximité de la rivière de la Canche (moins de 150 mètres) mais hors de la zone inondable est supérieur de 13,7 % à la valeur moyenne d'un logement dans la basse vallée de la Canche (Longuepée et Zuideau, 2011). *In fine*, le prix d'une maison proche de la Canche et en zone inondable enregistre en moyenne statistique une légère plus-value (+ 1,1 %). Le consentement à payer pour être près de la Canche est donc supérieur à celui pour être hors de la zone d'inondation et l'effet d'aménité liée à la présence et à la proximité des cours d'eau vient plus que compenser l'effet négatif lié à l'exposition au risque d'inondation. De même, à Champs-sur-Marne entre 1991 et 1999, les habitations des quartiers des bords de Marne situés en zone inondable présentaient des prix en moyenne plus élevés que ceux des biens en zone non-inondable (Hubert et al. 2003). La proximité à la Marne et à ses berges aménagées semble donc être un élément de plus-value dominant le caractère

inondable des logements. Ce fait stylisé se retrouve pour l'aléa submersion marine : sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais, toutes choses égales par ailleurs, la surcote de prix pour un appartement situé en zone d'aléa fort et très fort est en moyenne de 25 % par rapport à un appartement similaire hors zone d'aléa (Caumont, 2014). Bien que les estimations contrôlent la distance au littoral, il semblerait que l'aménité liée à l'accessibilité au littoral l'emporte et que les appartements, constructions plus hautes que les maisons individuelles, apparaissent comme moins vulnérables. L'effet de la distance au littoral est très significatif et positif : des estimations sur deux périodes différentes et sur des bases de prix différentes donnent un effet significatif et négatif de la distance au littoral (prix décroissant lorsque l'on s'éloigne) du même ordre de grandeur sur les prix des appartements et respectivement sur le prix des maisons.

Ces résultats quantitatifs sur les prix des transactions sont en général confirmés lorsque des entretiens ont été menés en parallèle auprès d'élus locaux, de notaires, d'agences immobilières, d'associations d'habitants, d'agences d'urbanisme (Hubert et al. 2003, Caumont 2014) ou par des enquêtes auprès de riverains (Deronzier et Terra, 2006). D'après ces acteurs locaux, les acheteurs ne semblent pas tenir compte du facteur risque dans leurs choix résidentiels. Le risque n'a pas d'effet sur le marché immobilier car il reste souvent théorique, est mal perçu et est ressenti comme une contrainte supplémentaire. Lorsqu'il est malgré tout intégré, l'impact reste moins important que celui d'autres facteurs sources d'aménités (proximité au bord de mer, à la rivière, aux écoles) ou dont l'impact financier semble plus direct, comme, par exemple, la performance énergétique du logement.

Les résultats de ces études de cas sont difficilement généralisables à la France entière, à l'ensemble des marchés immobiliers ou à d'autres risques. Il serait également nécessaire de confirmer ces résultats par des travaux complémentaires. Les sites étudiés ont en effet été choisis du fait de leur exposition au risque naturel et de leur histoire. Ils étaient donc susceptibles d'être touchés ou avaient été touchés par une crue majeure, de sorte que la mémoire du risque et l'expérience des riverains et des acteurs des marchés immobiliers étaient susceptibles d'être plus affûtés qu'ailleurs, et notamment plus que dans des zones à risque où aucun événement majeur ne s'est produit depuis plusieurs décennies comme c'est le cas par exemple en Île de France.

À l'étranger. Nous donnons ici, à titre d'exemple et de comparaison, les résultats de quelques travaux sur le risque inondation à l'étranger. Les contextes réglementaires (et notamment assurantiels), culturels, historiques et l'exposition à des risques spécifiques aux pays rendent difficiles toute transposition et extrapolation des résultats à la France. C'est aux États-Unis que le corpus est le plus fourni, le plus ancien et que le recours combiné aux MPH et à des SIG est le plus fréquent. Le plus souvent il s'agit néanmoins également d'étude de cas et, si l'impact est globalement négatif, les résultats sont très hétérogènes selon les régions et les périodes étudiées. Harrison et al. (2001) estiment qu'en Floride, entre 1980 et 1993, une maison située dans une zone délimitée par le FEMA comme exposée à un risque de crue centennale s'est vendue en moyenne 1 000 \$ moins cher qu'une maison comparable mais située en dehors de la zone, soit un différentiel de prix inférieur à la valeur actualisée des primes d'assurance inondation pour un logement inondable. En Caroline du Nord, toutes choses égales par ailleurs et en contrôlant la distance aux cours d'eau voisins, entre 1992 et 2002, la décote de prix pour un logement situé en zone inondable (aléa centennial) était en moyenne de 7 460 \$, soit 5,7 % (Bin et Polasky, 2004). Dans le Wisconsin, Bartosova et al. (2000) estiment une moins-value affectant un bien situé en zone inondable (aléa centennial) et au bord du cours d'eau du même ordre de grandeur (-7,8 %). Toutes choses égales par ailleurs, les prix augmentent lorsque le risque mesuré par la fréquence de retour (fonction de la distance au cours d'eau et de l'altitude) diminue : une baisse de 10 ans de la fréquence d'inondation (i.e. d'une fréquence de 1 an à une fréquence de 11 ans) se traduirait par une hausse du prix de 2,3 %.

Daniel et al. (2009) ont réalisé une méta-analyse comparant les résultats de plus de 19 articles (soit plus de 117 estimations) qui utilisent des méthodes de préférences révélées aux États-Unis. Le différentiel de prix de vente (en pourcentage) du fait de l'exposition à un risque d'inondation centennale est négatif dans deux tiers des estimations et est inférieur, en valeur absolue, à 20 %. L'effet marginal d'une hausse de la probabilité de risque d'inondation de 0,01 chaque année (par exemple, d'un retour de crue de 100 à 50 ans) se traduit aux États-Unis par une différence de prix de -0,6 %, en contrôlant des différences observables et non observables entre les études. Par ailleurs, sur la base de la comparaison des études primaires, il ressort que ne pas inclure de variable de contrôle pour l'effet positif des aménités liées aux cours d'eau peut conduire à confondre effet de l'aménité et du risque, et donc à sous-estimer le prix implicite du risque d'inondation.

À titre d'exemple méthodologique et pour illustrer l'intérêt de recourir à des SIG, citons les travaux de Bin et al. (2008a) sur le risque de submersion marine et les prix des logements sur le littoral de la Caroline du Nord. À partir de relevés LIDAR et d'un SIG, ils construisent trois indicateurs objectifs des aménités liées au littoral : distance en mètres à la plage, altitude, et pourcentage de vue panoramique sur la mer depuis le logement (en tenant compte des éléments obstruant la vue). Leurs résultats confirment à la fois l'effet très attractif du littoral et l'effet dépréciatif du risque. Toutes choses égales par ailleurs et à aménités égales, le risque de submersion marine (localisation en zone d'inondation centennale) cause une décote d'environ 11 % (-36 000 \$) du prix des logements. Toutes choses égales par ailleurs et à niveau d'exposition égal, un degré de vue panoramique supplémentaire sur l'océan accroît les prix moyens de 995 \$.

En dehors des inondations, il n'existe pas à notre connaissance d'études empiriques portant sur l'impact de l'exposition aux autres risques naturels en France (séisme, feux de forêt, avalanche, cyclone, volcanisme,...). À l'étranger les exemples sont également rares. On peut néanmoins citer l'étude de Nakagawa et al. (2007) sur le risque sismique. Ils estiment l'aversion au risque de

tremblement de terre intégrée dans les loyers à partir d'une carte de risque de l'aire métropolitaine de Tokyo en 1998. Les loyers sont significativement plus bas dans les zones à risques que dans les zones sûres, même après avoir contrôlé d'autres effets possibles. Le loyer d'un appartement construit avant la loi sur les normes de construction anti-sismique subit une décote plus importante que les appartements construits après cette loi.

II. 3. b. Risques industriels

Les résultats sur la perception des risques naturels par les ménages et leur intégration par les marchés immobiliers sont cohérents avec les conclusions d'autres études plus récentes portant sur les risques technologiques (tableau 1). En effet, plusieurs études indiquent que la proximité à un site industriel classé Seveso, source d'aléa, a un effet dépréciatif sur le prix des habitations, notamment quand il s'agit d'un site industriel chimique ou pétrochimique source de nuisances visuelles, olfactives, de transport, etc. et que donc plus on s'éloigne du site, plus le prix augmente: + 4 % par 100 m à l'Hopital (Sauvage, 1997), +1,2 % par 100 m à Port-Jérôme, Seine-Maritime (Travers et al. 2009), +1 % par 100 m à Dunkerque et +1,5 % par 100 m à Rouen (Gislain-Létrémy et Katosky, 2013). De même, la vue sur une friche industrielle se traduit par une décote de 10 % du prix de vente de logements à Lens (Letombe et Zuindeau, 2001). Néanmoins, lorsque les nuisances sonores et olfactives, etc. sont faibles et que les aménités positives sont importantes, comme au voisinage d'une ancienne poudrerie boisée à côté de Bordeaux, la proximité au site Seveso ne se traduit pas par une baisse de prix immobilier (Gislain-Létrémy et Katosky, 2013).

III. Perceptions des risques biaisées et conséquences pour les marchés immobiliers

Cette partie traite de la question des biais de perception des risques, de leurs origines possibles et de leur impact sur l'intégration du risque par les marchés immobiliers.

Les études empiriques confirment que le risque a un effet dépréciatif sur les marchés immobiliers mais on peut être surpris de la faiblesse des effets estimés au regard des effets théoriquement attendus et de leur manque de significativité. L'observation semble mettre à mal la théorie de l'espérance d'utilité et notamment l'hypothèse d'anticipation parfaite des dommages futurs. D'une part, l'information des agents doit être disponible, parfaite et complète (loi de probabilité de l'aléa et fonction de dommages calculables et connues), et, d'autre part, l'agent doit être rationnel, toujours capable de juger quel choix lui convient le mieux et ses préférences doivent être stables dans le temps. Dans la pratique, les sources de biais de perception sont nombreuses et, selon leur signe, elles vont atténuer ou au contraire amplifier la capitalisation du risque dans les prix.

Dans cette partie sont évoqués les problèmes d'asymétrie d'information entre acheteurs et vendeurs, la formalisation des croyances par la théorie des probabilités subjectives, les décisions en environnement incertain et l'effet du vécu sur la perception des risques catastrophiques.

III. 1. Information imparfaite

Pour les acheteurs, la recherche d'un logement requiert du temps et des efforts pour faire un choix parfaitement informé. Ils doivent en effet se renseigner sur de nombreuses caractéristiques structurelles et liées à la localisation de chacun des biens qu'ils considèrent (coût de recherche), et ce en un temps relativement réduit. Ils sont donc en situation d'information imparfaite. *A contrario*, du fait du temps passé dans le logement les vendeurs peuvent avoir une meilleure connaissance des caractéristiques intrinsèques du logement, de l'environnement et des désaménités associées (nuisances sonores et olfactives d'une installation industrielle, logement inondable) et peuvent être tentés de les cacher à l'acheteur. S'ils ne communiquent pas toutes les informations dont ils disposent, les acquéreurs potentiels seront en situation d'asymétrie d'information. Dans le cas de l'exposition au risque, une asymétrie d'information entre le vendeur et l'acheteur peut exister donc à la défaveur des acheteurs. Dans le cas probable où le vendeur n'est lui non plus pas informé de l'existence du risque, les deux parties sont en information imparfaite et incomplète. Si l'acquéreur n'est pas informé de l'existence du risque ou n'observe pas l'exposition du logement à ce risque, il ne tiendra pas compte de la dimension « sûreté » dans sa décision. Il n'ajustera pas à la baisse son enchère de prix pour un logement exposé, même s'il est averse au risque et les prix de marchés ne reflèteront plus le prix implicite du risque (encadré 1). Les prix finaux dépendront de la part d'acheteurs parfaitement informés. Plus cette part est faible, plus le différentiel de prix sera réduit par rapport à celui que l'on observerait en situation d'information parfaite et complète. D'un point de vue empirique, en situation d'asymétrie d'information et plus généralement d'information imparfaite, les estimations par des méthodes de préférences révélées comme la méthode des prix hédoniques seront biaisées. Dans le cas extrême où aucun acheteur n'est informé, ces méthodes estimeront une propension marginale à payer non significative.

Parmi les personnes interrogées et vivant dans une commune exposée au risque d'inondation, seules 27,8% des personnes déclarent avoir le sentiment d'être exposées de sorte que plus des deux tiers des personnes exposées n'ont pas conscience de l'être (ESER, 2014). Interrogée sur les raisons qui l'a conduite à s'installer dans une zone de risque inondation, une personne exposée et se sachant exposée sur cinq déclare qu'elle ignorait la présence du risque au moment de son installation, une sur deux qu'elle en était consciente mais que le risque était alors considéré comme minime. On observe les mêmes comportements à l'étranger. Les résultats d'une enquête sur des populations inondées en 1998 et 2000 au Royaume Uni indiquent que seulement 24 % des résidents étaient au courant des risques d'inondations avant les épisodes de crue. Cette conscience du risque a augmenté après les crues de sorte que, trois ans après, 86 % étaient au courant (Lamond et Proverbs, 2006). Une autre enquête révèle que un tiers des personnes interrogées n'avait pas vérifié si leur assurance couvrait le risque d'inondation (British Market Research Bureau, 2005).

Les résultats précédemment examinés des études françaises en MPH laissent penser que les ménages sous-estiment leur exposition au risque. Il est néanmoins difficile d'identifier ce qui relève des préférences des agents et des biais de perception. Récemment, plusieurs chercheurs ont donc utilisé un choc informationnel (survenue d'une catastrophe naturelle ou industrielle localement ou loin, publication de nouveaux documents d'information,...) pour mesurer les biais de perception. Comparer les prix immobiliers en zone exposée à un risque avant et après un choc informationnel comme les catastrophes, les politiques d'information préventives, etc. peut permettre de mesurer les biais de perceptions des agents. En effet, les évaluations *ex ante* seront par définition basées sur une appréciation plus subjective du risque alors que les évaluations *ex post* seront basées sur la perception des risques réajustée et incluant les informations fournies par la catastrophe. Les résultats des estimations de MPH en donnant l'écart de prix implicite avant et après fournissent donc une indication sur la taille du biais de perception.

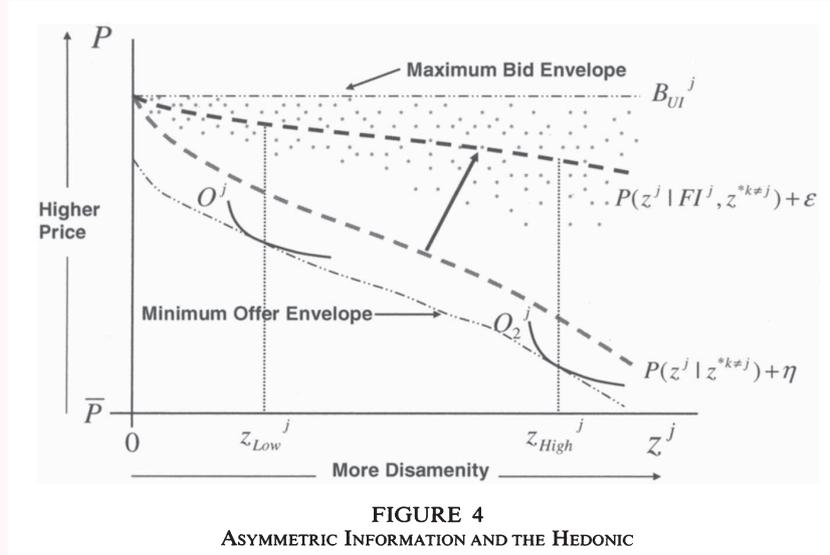
Nous reviendrons sur les résultats empiriques dans la partie consacrée à l'impact des catastrophes sur les marchés immobiliers.

Modèle de prix hédonique en information imparfaite

Le modèle de prix hédonique suppose qu'à la fois l'acheteur et le vendeur soient parfaitement informés sur tous les attributs du logement. C'est à cette condition que les résultats de l'estimation peuvent s'interpréter comme des paramètres de préférence. Adapter le problème du consommateur en information imparfaite et résoudre le modèle de prix hédonique avec asymétrie d'information est un problème néanmoins complexe, et à ce jour seules des résolutions graphiques ont été proposées (Pope, 2008).

En information imparfaite les ménages n'ajusteront pas (à la baisse) leur enchère et ce quel que soit le niveau de désaménité. L'enveloppe des enchères sera toujours celle d'un acheteur non informé. La figure 3 (tirée de Pope 2008) représente la situation où seule une fraction FI des acheteurs a une information sur la désaménité z alors que tous les acheteurs connaissent parfaitement le niveau de désaménité du logement en vente. L'enveloppe des enchères de réservations est celle d'un acheteur non informé, quel que soit le niveau de désaménité (ligne horizontale B_{UI}). Côté vendeurs, les offres marginales sont les mêmes que dans le modèle en information parfaite. Les deux enveloppes d'offres et d'enchères marginales se superposent, les prix d'équilibre ne sont plus situés en leurs points de tangence et ils ne reflètent donc pas les préférences des ménages. Si les vendeurs dont le logement est touché par la désaménité savent qu'il y a une fraction des acheteurs qui est informée, ils vont essayer d'ajuster leurs offres conditionnellement à une anticipation des offres des non-informés. Certains vendeurs (coûts de recherche faibles) pourront en effet se permettre d'attendre de rencontrer un acheteur non informé qui est prêt à « surpayer » pour la désaménité. Ils fixeront leur offre de réservation à un niveau proche de l'enchère de réservation des acheteurs non informés. Par conséquent, plus la proportion d'acheteurs non informés est élevée, plus il est attractif pour les vendeurs d'attendre la proposition d'un acheteur non informé, et plus l'estimation du prix implicite pour la désaménité j sera atténuée. À l'équilibre, le prix va dépendre de la présence et de la proportion FI d'acheteurs informés.

FIGURE 3 – Diagramme des prix hédoniques en cas d'asymétrie d'information



Source : Pope (2008).

En présence d'asymétrie d'information, les estimations empiriques de l'impact d'une désaménité sur le prix des logements estiment $P(z_j | z^*, FI_j)$ la fonction de prix hédoniques quand seulement une fraction des acheteurs FI a une information parfaite. Or, la valeur qui nous intéresse est $P(z_j | z^*)$, la fonction de prix hédonique pour les attributs j en information parfaite et complète (tous les individus sont parfaitement informés du risque). Du fait de l'asymétrie d'information/des imperfections de l'information, l'estimation sera biaisée. De même le ménage peut percevoir les risques à travers un miroir déformant et, dans ce cas-là, on va sur ou sous-estimer la valeur marginale de cette désaménité j et donc sa propension marginale à payer pour réduire le risque. Dans le cas extrême où aucun acheteur n'est informé, les méthodes de préférences révélées de type méthodes de prix hédoniques vont estimer une propension marginale à payer non significative.

III. 2. Probabilités subjectives

Lorsque les agents connaissent l'existence du risque, ils peuvent néanmoins se tromper dans l'évaluation de sa fréquence et/ou de son intensité. Ils baseront alors leurs décisions sur une appréciation subjective du risque. La notion de probabilités subjectives a été introduite par Savage en 1954 comme extension du modèle d'espérance d'utilité (encadré 2) et pour formaliser le fait que les agents ne se basent pas nécessairement sur la probabilité objective pour prendre leur décision mais qu'à la place ils utilisent

une probabilité perçue. La différence entre le risque perçu et le risque objectif est un *biais de perception* du risque. Si les ménages sous-estiment la probabilité de catastrophe, alors la capitalisation du risque dans les prix immobiliers sera partielle, et ce même s'ils sont neutres au risque, et réciproquement s'ils la surestiment.

Savage n'explique pas l'origine des croyances subjectives. Un développement basé sur des effets d'apprentissage en propose un mécanisme de formation : les agents formeraient leur croyance à partir d'une croyance initiale (probabilité *a priori*) et l'actualiseraient à chaque fois qu'ils disposent d'informations supplémentaires (institutionnelles, scientifiques, médiatiques, etc., voir encadré). Plus les agents ont une expérience fréquente de l'aléa et/ou accès à une information qu'ils jugent fiables, plus le biais de perception devrait être faible.

Probabilités subjectives et prix immobiliers

Savage suppose que la loi de probabilité $G(s)$ existe mais que les agents en ont une perception biaisée et qu'ils se fondent sur des probabilités dites subjectives $\tilde{G}(s)$. Sous les hypothèses supplémentaires du principe de la chose sûre^a et de l'indépendance des choix, il est possible de représenter les préférences des agents par une fonction d'utilité quand ils utilisent des probabilités subjectives qui diffèrent des probabilités objectives. Dans le cas simple d'un aléa se réalisant avec une probabilité p , la probabilité perçue par les agents sera par exemple q . Si $q < p$ ($q > p$) alors les agents sous-estiment (*sur-estiment*) la probabilité de réalisation de l'événement et les dommages anticipés. On appelle la différence entre le risque perçu et le risque objectif un *biais de perception* du risque. Leurs décisions étant basées sur ce risque perçu, elles ne seront pas efficaces (au sens économique d'optimalité de premier rang). En effet, le différentiel de prix entre deux logements identiques mais respectivement situés en zone à risque et en zone sûre sera :

$$\tilde{p}(a, 0) - \tilde{p}(a, d_i) = qD_i + \tilde{\rho}_i \quad (13)$$

$$< p(a, 0) - p(a, d_i) \quad \text{si } q < p \quad (14)$$

$$> p(a, 0) - p(a, d_i) \quad \text{si } q > p \quad (15)$$

Si le ménage sous-estime la probabilité de catastrophe alors la capitalisation du risque dans les prix immobiliers sera partielle. La valeur de la prime de risque dépend elle aussi de la probabilité de la catastrophe et sera inférieure de sorte que le différentiel de prix sera inférieur à celui que l'on observerait en information parfaite.

Il est important de remarquer que l'impact de la perception des risques ($q \neq p$) est distincte de celle de l'aversion au risque ($\rho_i > 0$, fonction d'utilité concave). En effet, les ménages peuvent avoir une perception juste de l'exposition d'un bien au risque mais avoir une faible aversion au risque et ne pas en tenir compte, ou, au contraire, ils peuvent avec une aversion très forte vis-à-vis d'un risque mais avoir une appréciation erronée de leur niveau d'exposition (risque nucléaire par exemple). Dans ce cas-là, leur perception est faussée et la probabilité subjective qu'ils affectent à la réalisation de l'aléa sous-estime la probabilité objective.

^a. Le principe de la chose sûre stipule que lorsque l'on compare deux décisions, il n'est pas nécessaire de considérer les états de la nature dans lesquels ces deux décisions conduisent au même résultat. On en déduit qu'une modification de ce résultat commun entre deux décisions ne va pas changer l'ordre des préférences.

Évolution des probabilités subjectives : l'apprentissage bayésien

La théorie des probabilités subjectives suppose que les agents intègrent les informations nouvelles. Un exemple très utilisé pour formaliser cette actualisation des croyances est la théorie de l'apprentissage bayésien. Viscusi (1998) a proposé la formule suivante de calcul du risque perçu en fonction du niveau d'information objective q :

$$\tilde{q} = \frac{\tau q + a}{1 + \tau} \quad (16)$$

a la perception initiale du risque, q est l'information objective sur le risque et τ entre 0 et 1 un paramètre représentant la confiance relative que l'agent accorde à l'information. Les agents actualisent leurs croyances lorsqu'ils disposent de nouvelles informations (processus d'apprentissage). L'écart entre la probabilité objective et subjective est le résultat du biais de perception causé par l'ambiguïté de l'information et les croyances initiales de l'agent :

$$q - \tilde{q} = \frac{q - a}{1 + \tau} \quad (17)$$

On peut penser que si les ménages ont une expérience très fréquente de l'événement, alors τ sera proche de 1 et le biais de perception $q - \tilde{q}$ sera faible.

III. 3. Décision en incertain

Le modèle de Savage présente l'avantage de reposer sur une notion assez intuitive et de permettre une extension du modèle d'espérance d'utilité. Il suppose néanmoins que l'évaluation du risque est rationnelle et que les agents sont capables d'affecter une probabilité à l'ensemble des événements possibles (cadre probabiliste). Or, dans de nombreuses situations, se forger une représentation complète du risque lié à un aléa (toutes les fréquences et les intensités et dommages associés, probabilité sommant à 1, etc.) n'est pas chose aisée et peut requérir des connaissances scientifiques poussées. L'information sur l'aléa peut être complexe, difficile à obtenir et à comprendre pour le grand public, les lois de probabilités difficiles à établir. Dans certains cas, cela n'est tout simplement pas possible : contrairement à un lancer de dés ou à un jeu de casino, les processus ne sont pas parfaitement connus et font donc l'objet de controverses scientifiques, les données historiques sont insuffisantes pour établir des régularités statistiques, etc. C'est le cas, par exemple, de l'impact du changement climatique sur les phénomènes météorologiques et des catastrophes naturelles. Ce cadre de décision est appelé environnement incertain ou ambigu, par opposition au cadre probabilisable de risque. Les agents disposent rarement d'une information aussi précise et complète que celle nécessaire pour se représenter l'incertain sous la forme d'une distribution de probabilité (recensement de tous les états de la nature, croyance sur la probabilité de chacun des états de la nature, probabilités qui somment à un, etc...). Les agents peuvent malgré tout disposer de suffisamment d'informations (média, pouvoirs publics, experts,...) pour former des croyances partielles.

Exemples d'extension en théorie de la décision en incertain

La littérature économique de la décision en incertain a proposé de nombreuses extensions^a. On peut citer à titre d'exemple les capacités, croyances non additives et dont la somme n'est pas nécessairement égale à un. Pour prendre sa décision l'agent considère tout d'abord l'utilité qu'il obtiendrait dans l'état de la nature le plus défavorable, puis y additionne le surcroît d'utilité que lui procurerait le second état le plus défavorable par rapport au plus défavorable en le pondérant par sa croyance sur la survenue de cet événement, et ainsi de suite. À cause de la non additivité des capacités, le poids d'un événement dans la décision dépend de sa place dans le classement de tous les événements possibles.

Autre exemple, les modèles dit *multipriors* : les agents mobilisent plusieurs sources d'information et prennent leur décision à partir d'un ensemble de distributions de probabilités. Plusieurs critères de décision ont été proposés : choisir la décision pour laquelle le minimum de l'espérance d'utilité sur l'ensemble des lois de probabilités est le plus élevée, pondéré entre les sources selon le crédit accordé, pondéré par le cas le plus défavorable et le plus favorable en fonction de l'aversion aux pertes (critère min max), etc...

a. Pour une présentation détaillée des derniers développements en théorie de la décision en incertain se référer à Etnier et al. (2011).

Autre caractéristique des risques naturels et industriels : ce sont les risques dits extrêmes ou catastrophiques, c'est-à-dire susceptibles de provoquer de lourdes pertes potentielles mais avec une probabilité très faible. Il est largement documenté en théorie de la décision en incertain que les agents ont tendance à avoir une perception erronée de leur exposition aux risques relativement rares et que leurs préférences peuvent ne pas être stables dans le temps. Des études de terrains et des expériences mettent en évidence que les individus ont tendance soit à considérer comme nulles les faibles probabilités et à ignorer le risque, soit, au contraire, à les sur-estimer (Schulze et al., 1986; McClelland et al. 1993; Schade et al., 2004). Dans un cas comme dans l'autre, leurs comportements seront relativement éloignés des prédictions du modèle d'espérance d'utilité précédemment présenté. Tallon et

Vergnaud (2007) rappellent que le vécu peut avoir plus d'importance que l'information statistique que les agents peuvent avoir sur les mêmes événements. En effet, face à une information complexe, controversée ou difficile d'accès, l'économie comportementale et la psychologie du risque nous apprennent que les individus ont recours à des heuristiques¹⁰ pour simplifier l'évaluation de la vraisemblance d'un événement aléatoire. Ce qui est pertinent pour la prise de décision dans l'incertain ne dépend pas uniquement des caractéristiques de la décision (quelle conséquence dans chacun des états de la nature) mais dépend aussi du contexte dans lequel la décision est prise. Ce contexte peut dépendre de l'expérience accumulée par l'agent s'il a déjà eu à faire face à ce contexte de décision lui-même (vécu individuel) ou s'il en a été témoin (événements distants ou affectant ses propres) mais aussi à des facteurs externes, indépendants de la décision considérée.

Effets du vécu. L'effet du vécu sur les croyances est ambigu. Deux hypothèses s'opposent : celle du biais de disponibilité et celle du *gambler's fallacy*¹¹. Dans les deux cas, la révision des croyances n'est plus parfaitement bayésienne.

Selon l'hypothèse du biais de disponibilité un événement aléatoire paraîtra d'autant plus probable à un individu qu'il se remémore avec facilité et rapidité des détails et circonstances de cet événement (Tversky et Kahneman, 1973). Si l'agent a été témoin ou a lui-même subi l'événement passé alors sa mémoire sera d'autant plus active car ces exemples lui fournissent une heuristique disponible. *A contrario*, à mesure que les souvenirs d'une expérience de catastrophe déclinent avec le temps, une heuristique basée sur les événements devient de moins en moins disponible. Il y aurait une relation négative entre la distance temporelle d'un événement et la probabilité estimée par l'agent. L'expérience de la catastrophe peut être individuelle ou collective, vécue en propre ou suivie à distance (catastrophe naturelle, industrielle ou nucléaire dans une autre ville, un autre pays). Cette hypothèse est cohérente avec l'idée selon laquelle la précision de l'information dans la mémoire des agents se dégrade avec le temps. Le biais de disponibilité conduit les individus à surestimer la fréquence des événements vécus dans un passé proche et, au contraire, à sous-estimer la fréquence de réalisation d'événement dont ils n'ont jamais fait l'expérience ou pas depuis longtemps. Sous cette hypothèse, toutes choses égales par ailleurs, le différentiel de prix entre un logement à risque et logement sûr sera donc supérieur aux dommages anticipés les années suivant un événement majeur, et inférieur lorsqu'un long laps de temps s'est écoulé sans catastrophe.

L'hypothèse de *Gambler's fallacy* aussi appelée « croyance dans la loi des petits nombres » suppose au contraire que les individus perçoivent le risque comme d'autant moins probable qu'il vient de se produire et d'autant plus probable qu'il ne s'est pas encore produit dans le passé. La corrélation est supposée négative entre la réalisation de pertes dans un passé récent et le différentiel de prix entre logements exposés et non-exposés. Après une longue période sans réalisation de l'aléa, l'individu espère qu'une réalisation viendra réduire cet écart, même lorsque les réalisations sont indépendantes. Par exemple, après plusieurs lancers donnant pile, on peut avoir tendance à penser que face à plus de chance de sortir alors même que la probabilité reste de 0,5, les lancers étant indépendants les uns des autres. L'absence de pertes passées peut conduire l'agent à un surcroît de prudence. Sous cette hypothèse, les agents surestiment la probabilité d'événements qui n'ont pas eu de réalisations récentes et sous-estiment celle d'événements ayant eu une réalisation récente. L'hypothèse de *Gambler's fallacy* conduit donc à des prédictions exactement opposées à celle du biais de disponibilité.

Les résultats de l'enquête « Sentiment d'exposition aux risques environnementaux » (SOeS, 2014) semblent conforter l'hypothèse de biais de disponibilité des ménages français. Les ménages sont interrogés sur leur confrontation passée avec des situations de crises environnementales. Interrogées sur la façon dont elles envisagent les potentielles conséquences d'une catastrophe sur une échelle d'évaluation de leurs craintes (1 pour très faibles et 10 pour très fortes), les personnes ayant déjà subi personnellement des dommages physiques ou matériels se déclarent en moyenne plus inquiètes que la moyenne (respectivement 5,5 et 4,7 contre 4 pour les personnes en zone à risque et 3,8 hors zone à risque). Le fait d'avoir vécu des situations catastrophiques conduirait donc les individus à faire preuve d'une inquiétude plus marquée. Néanmoins des études et expériences menées sur la demande d'assurance catastrophes naturelles ne permettent pas de trancher sur l'effet du vécu sur les perceptions des risques. En effet, le comportement de certains individus est cohérent avec l'hypothèse de biais de disponibilité, celui d'autres avec l'hypothèse de *gambler's fallacy*, suggérant ainsi une certaine diversité des vécus individuels vis-à-vis du risque. Par exemple, la propension à s'assurer contre les catastrophes naturelles aux États-Unis augmente lorsque l'individu a été personnellement touché dans le passé par de tels risques (Kunreuther et al., 1978), et le nombre de contrats souscrits au cours d'une année dans un état est positivement corrélé avec les pertes enregistrées dans l'état l'année précédente (Browne et Hoyt, 2000). McClelland et al. (1993) constatent néanmoins lors d'expériences de laboratoire une diminution du désir de s'assurer au cours du temps lorsque qu'un risque de très faible probabilité (0,01 %) ne se produit pas. Ils émettent ainsi l'hypothèse selon laquelle l'absence de pertes passées incite les individus à adopter une attitude insouciantes à l'égard du risque. En ayant le sentiment de pouvoir échapper au risque, les sujets se révéleraient moins enclins à demander une assurance.

10. Par heuristique on entend ici une méthode de résolution d'un problème qui ne passe pas par l'analyse détaillée du problème mais par son appartenance ou adhérence à une classe de problèmes donnés déjà identifiée.

11. Pour une présentation plus détaillée des effets du vécu sur les croyances se référer à Tallon et Vergnaud (2007).

III. 4. Myopie et amnésie

En conséquence de la nature incertaine et parfois controversée de l'information, des biais cognitifs, du vécu et des effets de cadrage, deux phénomènes risquent d'affecter l'évaluation des risques lors de la prise de décision des acteurs des marchés immobiliers : la myopie et l'amnésie (Pryce et al., 2011). La myopie affecte la perception des risques futurs alors que l'amnésie affecte la prise en compte de l'information fournie par des événements passés. Le phénomène d'amnésie peut être collectif, et être renforcé par le renouvellement des habitants sur un territoire et le déclin progressif des expériences de réalisations du risque. La conséquence théorique de l'amnésie comme de la myopie est une sous-estimation des risques de sorte que le différentiel entre logements exposés et non exposés est inférieur à sa valeur théorique.

Myopie, amnésie et prix immobiliers

D'un point de vue économique, la myopie peut être définie comme un taux d'escompte des événements futurs qui croît progressivement à mesure que l'événement devient moins imminent. L'amnésie peut être définie comme un taux d'escompte des événements passés qui croît progressivement à mesure que l'événement devient plus lointain. Ces deux phénomènes causent un écart entre le risque perçu et le risque réel. À l'équilibre les prix des logements divergeront des prix capitalisant le risque.

Pryce et al. (2011) citent quatre sources principales de myopie et d'amnésie :

- la relation négative entre la distance temporelle et la qualité perçue de l'information : plus l'événement est lointain, moins l'information semble précise. Un individu peut évaluer la possibilité d'un risque comme plus importante si des exemples lui viennent à l'esprit car ces exemples lui fournissent une heuristique disponible. *A contrario*, des événements dans le futur distant peuvent sembler plus difficiles à imaginer et auront moins d'impact sur la perception des risques actuels. Pour l'amnésie, à mesure que les souvenirs d'une expérience d'inondation déclinent avec le temps, une heuristique disponible basée sur les événements devient de plus en plus difficile à mesure que les souvenirs s'estompent.
- la nature de l'information ;
- les limites cognitives et/ou le coût de la cognition;
- les effets de contexte (ou dits de cadrage), les choix résidentiels s'inscrivant dans la vie sociale des agents.

Un grand nombre d'hypothèses de sources de biais de perception et d'effet du vécu vont dans le sens d'une sous-évaluation des risques extrêmes et lointains, de sorte que l'on serait tenté de prédire la sous-capitalisation des dommages par les marchés immobiliers. Néanmoins, certaines théories sont cohérentes avec des prédictions de sur-évaluation des risques, d'hétérogénéité des comportements et des préférences face au risque d'un individu à l'autre mais aussi pour un même individu d'une période à l'autre. L'effet des croyances et du vécu sur les marchés immobiliers est dynamique et évolutif, ce qui le rend difficile à tester. L'analyse de l'impact d'épisodes catastrophiques sur les comportements et ce que l'on peut en déduire sur les perceptions des risques peuvent néanmoins apporter quelques éléments de réponse.

IV. Quels ajustements des marchés immobiliers après une catastrophe?

Cette partie traite de l'impact de la survenue d'une catastrophe sur les marchés immobiliers.

De par sa soudaineté, les destructions matérielles et les interruptions consécutives, une catastrophe naturelle ou industrielle représente un choc pour les territoires impactés et donc pour tous les marchés locaux. La réalisation de l'aléa (catastrophe naturelle, accident industriel,...) peut impacter les marchés immobiliers principalement via trois canaux :

- les dommages structurels aux biens;
- l'information sur l'exposition au risque, la fréquence et l'intensité de l'aléa qu'elle révèle;
- les dommages à l'environnement, aux ouvrages de protection qui modifient l'aléa.

Au delà de l'impact initial de la catastrophe sur le marché immobilier, se pose la question du temps que le marché mettra à retrouver son niveau initial (s'il y retourne).

Dans cette partie sont présentés les résultats des modèles théoriques et des études empiriques disponibles. Ils suggèrent que l'impact global et la persistance temporelle des effets de court terme vont fortement dépendre du type de catastrophe, de l'historique local de la sinistralité et de la dynamique spatiale de ces effets.

IV. 1. Impact initial et effets de court terme

Dommages structurels. À court terme, les effets les plus visibles d'une catastrophe sont les dommages aux biens et aux bâtiments. La dégradation de la qualité des attributs intrinsèques du logement réduit l'utilité retirée de son occupation et cause une dépréciation du capital immobilier (voire destruction quand des travaux de remise en état ne sont pas possibles). D'après le modèle présenté en partie 1, cela devrait se traduire par une baisse de l'enchère des acheteurs potentiels ($\theta(z; u, W)$ décroissant en z). Cet effet sera amplifié si l'environnement proche du logement (équipements, infrastructures de transport, commerces de proximité, services,...) subit également des dommages. Côté offre, un retrait du marché des logements sinistrés le temps de la remise en état ou parce que le prix est inférieur au prix de réservation est vraisemblable. À court terme, la conséquence attendue des dommages structurels causés par une catastrophe est donc une baisse des prix et des volumes des transactions.

Source exogène d'information et modification des préférences. La réalisation d'un aléa peut être vue comme un révélateur d'informations. Avant l'événement, les agents disposaient d'un certain ensemble de croyances sur l'exposition et la vulnérabilité de leur logement au risque, sur l'ampleur des dommages matériels, intangibles et éventuellement corporels, sur l'efficacité des mesures de protection individuelles et collectives, l'indemnisation par les assurances, etc. Après une catastrophe et la confrontation de leurs croyances à leur expérience, les individus ajusteront leurs croyances et anticipation des dommages en intégrant la part de ces nouvelles informations qu'ils n'avaient pas anticipées. Ils intègrent la partie non anticipée de ces nouvelles informations. Si le risque était sous-estimé, le biais de perception devrait se réduire. D'après le modèle d'apprentissage bayésien, les prix devraient s'ajuster en se rapprochant du niveau capitalisant le risque.

Il ne faut pas négliger que les événements catastrophiques, de par leur nature et l'ampleur des dégâts, ont également des conséquences non matérielles et traumatiques (impacts sanitaires, stress psychologique post-traumatique, perte de biens à valeur affective,...) qui peuvent jouer sur l'aversion au risque des ménages, favoriser des biais de disponibilité ou la surpondération des pertes potentielles dans la fonction d'utilité. Tous ces éléments vont dans le sens d'une décote de prix supérieure à court terme à celle prédite par la théorie de l'espérance d'utilité. La forte médiatisation accompagnant ce type d'événement peut amplifier cet effet, et même affecter les perceptions d'agents qui n'ont pas directement été touchés par la catastrophe.

Aggravation de l'aléa. Dernier effet possible d'une catastrophe naturelle, l'altération de la probabilité objective d'occurrence et de l'intensité des phénomènes. Si l'événement cause des dommages aux ouvrages de protection (brèche dans une digue, etc...) ou modifie les facteurs géophysiques déterminant le risque (éboulement, érosion, déplacement du lit du cours d'eau,...) l'exposition objective d'un logement au risque peut être accrue ou, au contraire, atténuée. Beron et al. (1997) cite l'exemple du risque sismique : un tremblement de terre libère l'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches et est à l'origine des tremblements de terre. Cela peut donc réduire la probabilité ou la magnitude de futurs séismes dans la zone ou à proximité.

IV. 2. Dynamique temporelle et effet de long terme

L'impact total d'une catastrophe naturelle et la persistance temporelle sur les marchés immobiliers sont *a priori* indéterminés. Ils vont fortement dépendre du type de catastrophe, de l'historique local de la sinistralité, et de la dynamique spatiale de ces effets de court terme. Si le risque était déjà capitalisé dans le prix des logements, alors la catastrophe ne devrait avoir qu'un effet transitoire sur les prix des logements dans les zones à risque. Tobin et Montz (1994) citent plusieurs exemples : zones de crues fréquentes (une inondation n'apporte plus d'information nouvelle), politique d'information préventive efficace (biais de perception faible),

contexte d'assurance obligatoire (dommages à la charge des ménages faibles) ou logements parfaitement adaptés à l'aléa (coût et délai de remise en état réduits). Si, au contraire, le risque n'était pas capitalisé dans les prix immobiliers, l'impact à moyen terme va dépendre non seulement de la fréquence des événements (rare, fréquent), de leur gravité et du montant des pertes (ajustement par capitalisation des pertes) mais aussi de la perception des risques (information imparfaite, myopie, amnésie,...) et de l'aversion au risque des agents *ex ante* (Montz et Tobin, 1994). Plus l'événement est grave, plus les dommages sont élevés et plus le processus de capitalisation du risque dans la valeur des biens est apparent. Pour des dommages de faible ampleur, la variation de valeur suite à l'intégration des dommages anticipés sera faible et peut même passer inaperçue. L'effet sera également d'autant plus persistant que l'ajustement des anticipations est important et que cette mémoire perdue après la catastrophe..

Montz et Tobin (1994) proposent trois profils théoriques d'évolution et de rétablissement à long terme lorsque le risque n'était initialement pas capitalisé :

- *Baisse temporaire, puis retour au prix d'équilibre ex ante sans risque.* Cela pourrait être le cas après une crue soudaine et de courte durée dans une zone faiblement à risque. Les inondations étant rares, les pertes anticipées sont faibles et il n'y a pas de raison rationnelle pour que les prix restent bas. Le retour au niveau de prix d'avant la crue dépendra du temps de remise en état des logements. Une autre situation possible est celle d'une zone à risque modéré et où la dernière crue majeure est ancienne. La valeur des biens chute juste après une inondation du fait du choc informationnel mais, au fur et mesure que collectivement les gens oublient le risque d'inondation (hypothèse de biais de disponibilité), les prix retournent à leur niveau initial. Le retour à la normale sera néanmoins plus long que pour une crue rapide.
- *Baisse temporaire, puis retour à un prix équilibre inférieur :* l'information fournie par l'inondation change de façon durable les anticipations des riverains de sorte que le risque est (mieux) capitalisé par le marché immobilier. Cela peut être le cas suite à une inondation dans une zone qui n'était pas à risque, où les anticipations d'inondation étaient faibles, ou au contraire dans les zones très à risque dans lesquels le dernier épisode est très ancien de sorte que la population avait « oublié » l'existence du risque.
- *Baisse temporaire, puis retour à un équilibre supérieur :* ce profil peut paraître contre-intuitif mais la remise en état des logements peut s'accompagner d'une rénovation et de l'amélioration de leur qualité, en particulier dans des logements anciens, par rapport au reste du parc immobilier non inondé. Un autre cas de figure est la remise en état qui permet une mise aux normes inondations ou est accompagnée de la construction ou du renforcement d'ouvrages de protection dans la zone touchée, ce qui renforce le sentiment de protection.

L'hétérogénéité des effets à moyen et long termes selon le type d'exposition, l'historique et la culture du risque des habitants suggèrent que l'effet global va très vraisemblablement beaucoup varier en fonction des circonstances locales et peut expliquer les différences de résultats d'estimation.

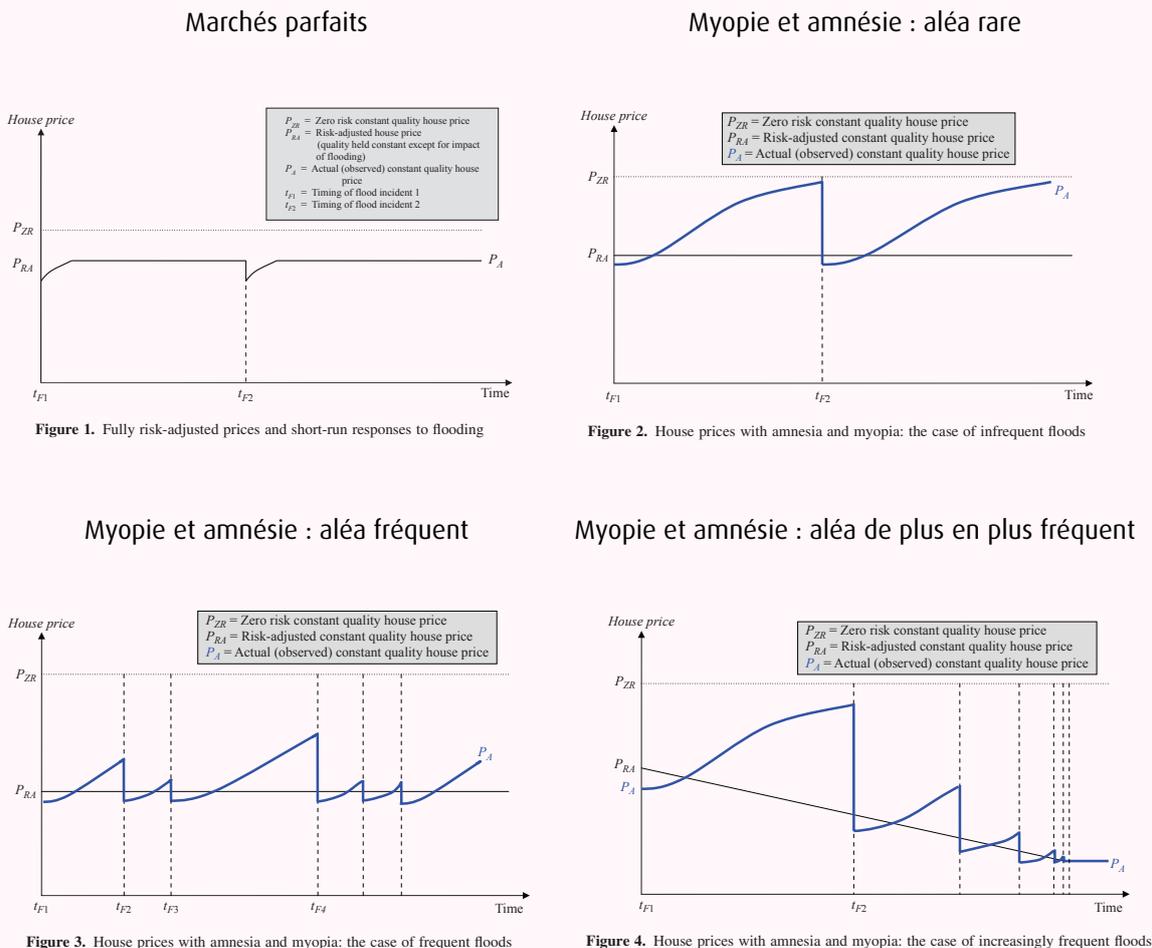
Impact des catastrophes en présence de myopie et d'amnésie

Pryce et al. (2011) poursuivent l'analyse de Montz et Tobin (1994) en intégrant les hypothèses de myopie et d'amnésie des agents. Ils proposent une analyse sous forme de diagramme du prix immobilier de marché en fonction de la sévérité et de la fréquence de retour de l'aléa. La figure 4 en haut à gauche représente la dynamique d'un marché efficient (information parfaite, agents rationnels). P_A est le prix observé dans les zones exposées, P_{RA} est le prix ajusté du risque et P_Z celui hors des zones à risques. Si les valeurs immobilières capitalisent le risque, l'inondation n'aura qu'un impact transitoire sur les prix de marché dans les zones à risques (P_A).

En cas d'amnésie ou de myopie, la dynamique change. Pryce et al. étudient trois scénarios :

- Aléa rare (figure 4 en haut à droite) : à mesure que la mémoire des événements précédents s'estompent le prix de marché P_A converge vers le prix des logements sans risque. La survenue d'une catastrophe révèle le risque et le prix tombe au niveau du prix ajusté du risque, voire plus bas si les médias sont particulièrement sensationnalistes et le biais de disponibilité élevé (surestimation du risque).
- Aléa fréquent (figure 4 en bas à gauche) : la différence entre le prix capitalisant le risque et le prix hors risque est plus important. Le prix de marché en zone à risque déviara moins fortement vers la valeur de la zone sûre car des événements même mineurs interviennent fréquemment et rappellent aux acteurs le risque.
- Aléa de plus en plus fréquent (figure 4 en haut à gauche) : lorsque la fréquence de l'aléa augmente (par exemple changement climatique) P_{RA} , le prix ajusté du risque diminue. Comme précédemment le prix de marché observé s'écarte du prix ajusté du risque mais sa tendance générale est à la baisse, car à chaque catastrophe il s'ajuste vers un prix plus bas.

FIGURE 4 – Dynamique des marchés immobiliers suite à une catastrophe en cas de myopie et amnésie des agents



Sources : Pryce et al. (2011).

IV. 3. Estimations

Les catastrophes naturelles ont beaucoup été étudiées, notamment comme expériences quasi-naturelles sur l'information et la perception des risques par les ménages. En effet, les catastrophes étant non anticipables et exogènes, elles constituent une bonne source de variation temporelle (avant/après) et spatiale (zones sinistrées/épargnées) dans l'ensemble d'information des agents. On peut donc raisonnablement supposer que les évolutions observées sur les marchés immobiliers des zones sinistrées seront attribuables à ce choc et non à des choix comportementaux. L'évolution des prix avant et après la catastrophe dans les zones épargnées peut servir de contrefactuel à l'évolution des prix que l'on aurait observée dans la zone sinistrée si la catastrophe ne s'était pas produite. Sous l'hypothèse supplémentaire que les différences initiales de prix entre les zones sinistrées et épargnées dues à des effets de composition sont constantes dans le temps, la différence entre l'évolution des prix dans les deux zones sera imputable à la catastrophe (estimation en différence-de-différences¹²).

Ne pas observer de changement marqué dans les prix hédoniques de logements situés en zones à risque après une catastrophe conforte l'hypothèse selon laquelle les agents évaluaient correctement le risque et que les prix capitalisaient déjà les dommages anticipés. *A contrario*, observer une baisse du prix des logements exposés au risque après la survenue d'un événement est cohérent avec plusieurs hypothèses sur la perception des risques et l'impact de la catastrophe sur la loi de l'aléa (Beron et al., 1997) :

- *ex ante*, une sous-estimation du risque réel (probabilité subjective inférieure à la probabilité objective), l'événement apporte une nouvelle information qui améliore l'évaluation subjective du risque ;
- l'événement change la probabilité objective, sans modifier la probabilité subjective ;
- les probabilités objectives et subjectives ont été altérées ;
- hausse de la probabilité subjective, simultanément à une baisse de la probabilité objective.

De même une hausse du prix hédonique suite à une catastrophe peut correspondre à plusieurs situations :

- *ex ante*, une sur-estimation de la probabilité de dommages (probabilité subjective supérieure à la probabilité objective), sans changement de la probabilité objective, révision à la baisse des anticipations ou comportement de type *gamblers' fallacy*;
- baisse de la probabilité objective, et prise en compte dans les anticipations;
- amélioration de la qualité des logements et éventuellement des services à proximité lors de la remise en état (attributs intrinsèques et extrinsèques), et donc de l'utilité retirée de leur occupation.

Nous n'avons recensé qu'une seule étude statistique mobilisant les MPH pour estimer l'impact d'une catastrophe naturelle sur le prix des logements en France. Il s'agit du cas de la crue centennale de la Meuse ayant touché Charleville Mézières en 1995 (Déronzier et Terra, 2006). Après la crue centennale de 1995, le prix des logements situés en zone inondable (et donc en partie inondée en 1995) était en moyenne inférieur de 21,7 % à celui des logements situés en zone non inondable, toutes choses égales par ailleurs, alors que l'analyse économétrique des prix des transactions conclues avant la crue (entre 1986 et 1994) n'avait pas permis de conclure à un effet significatif de la localisation en zone inondable sur le prix de vente. Ce différentiel de prix ne semble pas se réduire les années suivant l'inondation et il aurait même eu tendance à se renforcer. La persistance de cet effet sur le prix de vente pourrait s'expliquer par une seconde crue de la Meuse en 2001, certes d'ampleur moindre, et l'adoption en 1999 du Plan de Prévention des Risques Inondations qui s'est accompagnée d'une information plus large au public sur le risque d'inondations et sur les zones concernées par l'aléa. Une autre étude, plus descriptive, illustre la même dynamique à Montauban : les prix des logements acquis en 1997, soit après la crue de décembre 1996, et dans une moindre mesure ceux des transactions réalisées dans les trois années suivantes, ont subi une baisse (Hubert, Capblancq et Barroca, 2003). L'absence de variables de contrôle temporel ou de qualité des logements ne permet néanmoins pas d'attribuer avec certitude cette baisse au seul effet de la crue.

À l'étranger, au contraire, un très grand nombre de travaux ont été consacrés à l'effet de catastrophes naturelles (inondations, ouragans, séismes, etc.) sur les marchés immobiliers. La majorité de ces études indiquent qu'une catastrophe naturelle se traduira par une perte de valeur pour les propriétés touchées, au moins à court terme. La magnitude de cet effet varie néanmoins beaucoup, en fonction des zones géographiques, de l'historique et du contexte réglementaire (notamment assurantiel) mais aussi du fait de différences méthodologiques. Les résultats sur les effets à long terme et leur étendue géographique sont plus contrastés. Ici encore il n'est pas question de rechercher l'exhaustivité mais de donner des points de comparaison internationale et de proposer un panorama de méthodes utilisées.

Effets immédiats. *Inondations* Aux États-Unis, de nombreux travaux confirment qu'une inondation cause une dévaluation des prix des biens immobiliers entre 2,9 % et 30 % en fonction de la sévérité de l'inondation. Une méta-analyse sur 19 études américaines (Daniel et al., 2009) confirme que l'effet marginal de l'exposition au risque d'inondation est accru (en magnitude absolue) quand une crue a eu lieu récemment ou si les acheteurs disposent d'informations plus objectives sur les risques environnementaux

12. Pour une présentation détaillée de cette méthode en différence de différences se référer à Givord (2010) et pour une application aux modèles de prix hédoniques à Parmeter et Pope (2013).

du fait de règles d'information plus strictes lors des ventes. Les évaluations *ex ante*, basées par définition sur une appréciation plus subjective du risque, fournissent des estimations du prix implicite plus faible. L'ampleur de l'effet reste néanmoins faible avant comme après une inondation.

Ouragans Bin et Polasky (2004) ont estimé un modèle en différence de différences avant et après le passage de l'Ouragan Floyd en 1999 et entre logements situés dans et hors des zones de crue centennale en Caroline du Nord. Floyd a modifié l'effet de la localisation en zone inondable sur le prix des logements en Caroline du Nord : la décote moyenne affectant les logements situés en zone de crue est passée de -3,8 % (4 930\$) avant l'ouragan à -8,3 % (-10 770\$) après, toutes choses égales par ailleurs et à distance des cours d'eau constante. Ces résultats confortent l'hypothèse selon laquelle une expérience récente d'inondation réveille ou renforce la perception des risques et des coûts causés par les inondations. Les résultats de McKensie et Levendis (2010) sur les conséquences de Katrina à la Nouvelle Orléans vont également dans ce sens. Estimant des équations de prix hédoniques séparées pour les logements inondés et sur les logements non inondés, avant et après Katrina, ils notent la hausse du prix implicite pour la hauteur de la propriété par rapport au niveau de la mer : la surcote de prix par pied (30 cm) supplémentaire en zone inondable est passée de 0,9 % avant Katrina à 4,5 % après. Toutes choses égales par ailleurs, les logements situés sur des terrains sur-élevés sont donc plus valorisés parce qu'ils offrent une protection contre les inondations. Cet effet peut également s'expliquer par la difficulté des ménages à obtenir une assurance du fait des hausses de primes pour les logements situés dans les zones exposées de la Nouvelle Orléans, voire même au retrait de certains assureurs.

Séismes Beron et al. (1997) ont étudié le risque sismique dans la Baie de San Francisco. Avant le tremblement de terre Loma Prieta de 1989, le risque avait un effet négatif et significatif sur le prix des logements de la Baie de San Francisco. De façon surprenante, les résultats du modèle de MPH estimé sur le prix des logements en zone sismique indiquent que la décote de prix est plus faible après qu'avant le tremblement de terre. Toutes choses égales par ailleurs les prix des biens en zone sismique auraient augmenté après le séisme. Ce résultat contre-intuitif suggère que le risque et les dommages étaient initialement surestimés. Les estimations ne contrôlant néanmoins pas l'évolution générale des prix immobiliers dans la région (pas de zone de contrôle), ce résultat peut capter l'effet d'autres facteurs comme la diminution progressive du risque séisme (amélioration des normes anti-sismiques de la construction) ou une bulle immobilière dans la Baie de San Francisco.

Naio et al. (2009) analysent l'effet d'un tremblement de terre au Japon sur la valeur des biens occupés par leur propriétaire et le montant des loyers. Ils estiment un modèle en différence-de-différences sur des données répétées issues d'une enquête. Avant le séisme, le risque sismique n'a pas d'effet significatif sur la valeur des biens occupés ni sur les loyers. Après le séisme, la valeur des logements est significativement inférieure dans les régions soumises à un risque sismique, qu'ils soient loués ou occupés par leurs propriétaires. Ces résultats suggèrent qu'initialement propriétaires et locataires n'étaient pas conscients du risque ou alors le sous-estimaient.

Effet à moyen et long termes. Plusieurs études concluent que l'impact sur le marché immobilier d'inondations peu fréquentes ne serait que transitoire et que le risque ne serait visible que pendant et juste après l'inondation (Montz et Tobin, 1988, 1994, 1997; Cordery et Lambley, 1997; Lamond et Proverbs, 2006).

Montz et Tobin (1988, 1994) étudient l'effet d'inondations catastrophiques sur le comté à Yuba, Linda et Olivehurst en Californie, 2 semaines et 15 mois après une inondation causée par une rupture de digue. Du fait de la protection de la digue, les villes de Linda et Olivehurst n'étaient pas désignées comme étant en zone inondable (pas d'assurance inondation obligatoire, pas d'obligation de procédures formelles d'étude des permis de construire) et étaient perçues comme sûres. La réponse immédiate du marché immobilier a été radicale : les agents immobiliers ont cessé de faire visiter des logements dans les zones inondées et aucune transaction n'a été enregistrée dans les deux semaines après la crue. Après la remise en état des logements en vente au moment de la crue, les maisons inondées sont retournées sur le marché rapidement (2 à 3 mois) et ont été vendues, mais à des prix considérablement réduits. Six mois après la crue, les prix moyens étaient 17,7 % inférieurs à leur niveau moyen des trois années précédant l'inondation, sept mois plus tard la baisse n'était plus que de 4,2 %. Les prix les mois suivants étaient encore à la hausse. D'après les auteurs, les coûts de réparation ont été capitalisés dans les prix de l'immobilier, et ont pu améliorer la qualité des logements par rapport à la situation d'avant la crue. Ces résultats ne contrôlent néanmoins pas des caractéristiques des logements vendus. Ces résultats sont ensuite comparés aux effets d'inondations des marchés résidentiels soumis à des crues à répétition sur un court laps de temps (Wilkes-Barre en Pennsylvanie, inondation dépassant le précédent retour et rupture de digue) et des inondations relativement fréquentes (99 logements inondés deux fois en un an à Des Plaines, Illinois). Les inondations ont un effet immédiat sur les prix dans les zones touchées, sauf à Des Plaines après la première inondation. L'effet estimé par MPH semble dépendre de la fréquence et de l'intensité des crues. À Des Plaines, le fait que le logement ait été inondé n'a pas d'effet sur le prix. *A contrario*, à Linda et Olivehurst, plus la hauteur d'eau a été élevée dans la maison, plus la décote de prix est importante. À Wilkes-Barres plus l'eau est montée haut, plus les prix sont élevés. Les biens inondés étaient vraisemblablement déjà plus chers que les autres. Autres explications possibles : la relation entre risque et prix n'est pas linéaire, les logements dans lesquels l'eau est montée le plus haut sont aussi ceux qui ont les plus été rénovés, ce qui peut être capitalisé dans les prix de l'immobilier.

Cordery et Lambley (1997) observent une temporalité similaire en Australie suite à l'inondation de la ville de Nyngan en 1990. Pendant les 18 mois suivant l'inondation, les prix à Nyngan étaient significativement inférieurs à ceux d'un quartier comparable mais non inondable et non inondé. Deux ans après, les prix avaient remonté et retrouvé un niveau comparable à ceux du quartier non inondé. Contrairement à Yuba, l'activité des marchés immobiliers n'a jamais été interrompue. Au contraire, il semblerait que

des biens aient été achetés à des prix dépréciés juste après l'inondation, rénovés puis remis sur le marché quatre ans plus tard à des prix largement supérieurs. Lamond et Proverbs (2006) veulent tester l'hypothèse que l'effet d'une crue centennale perçue comme exceptionnelle ne sera pas capitalisé dans l'immobilier et sera donc transitoire. Après les crues centennales ayant touché Barlby (North Yorkshire, Grande Bretagne) en 2000, ils observent une absence de transactions pendant 6 mois dans la zone inondée alors qu'elles se poursuivent en zone non inondée. Comparant les prix de logements proposés à la vente dans des lotissements situés en zone inondable mais inondés pour seulement l'un deux entre, ils observent une décote de prix pendant les 2 ans suivant la crue, puis un retour à la normale. Ces résultats sur un petit échantillon (159 ventes sur 7 ans) sont néanmoins difficiles à extrapoler mais ils suggèrent que l'inondation n'a pas eu d'effet durable sur les prix. Bartosova et al. (2000) tentent également de mesurer la persistance de la mémoire des crues sur le prix des logements. Pour cela, ils ajoutent à leur équation de prix hédonique un terme faisant interagir la localisation dans la zone de risque centennale avec le nombre de jours depuis la crue centennale de juin 1997. La localisation dans un zonage de crue centennale devient non significative. Les résultats suggèrent qu'avant la crue de 1997, un logement situé en bord de rivière s'est vendu 5,1 % moins cher qu'un logement comparable hors de la zone de crue, alors qu'un an après la crue il se serait vendu 18,9 % moins cher qu'un logement comparable hors de la zone de centennale. Les épisodes d'inondations réduisent les prix des logements à un niveau inférieur à ce qu'ils étaient avant l'inondation, au moins à court terme.

Effets géographiques. Hallstrom et Smith (2005) et Carbone, Hallstrom, et Smith (2006) ont étudié l'ouragan Andrew comme choc informationnel sur le risque pour les propriétaires dans les zones exposées à des tempêtes en Floride. Ils comparent un comté touché par l'ouragan et un autre comté voisin lui aussi situé dans une zone connue de risque d'ouragan mais épargné par Andrew. Les estimations de Carbone et al. (2006) sur des données de ventes répétées de logements vendus à deux reprises entre 1980 et 2000 indiquent que l'ouragan a significativement réduit le taux de croissance des prix de l'immobilier dans la zone sinistrée (entre -23 et 26 %) mais aussi dans la zone épargnée (entre -40 et 60 %). Seuls les logements situés dans le comté effectivement touché par l'ouragan ont subi des dommages matériels. La réaction du marché immobilier dans le comté « presque touché » peut donc être interprétée comme une modification des perceptions des risques liées à une résidence sur le littoral et, dans le contexte américain, la capitalisation d'une hausse possible des primes d'assurance dans les zones exposées.

Risques industriels. Les événements accidentels ne semblent pas avoir d'effet révélateur : ni l'accident d'AZF à Toulouse (Travers et al., 2009), ni les incidents locaux mineurs (Gislain-Létrémy et Katosky, 2013) ne semblent modifier l'effet du risque sur les prix des logements situés à proximité d'installations industrielles.

Une étude récente apporte cependant un éclairage nouveau sur les effets locaux des événements distants. Bléhaut (2015a, 2015b) étudie l'impact de l'accident d'AZF, catastrophe industrielle la plus grave de la fin du XX^e siècle, sur les marchés immobiliers locaux à proximité de l'ensemble des autres sites industriels Seveso seuil haut. Cette étude est la seule, à notre connaissance, à analyser l'impact d'une catastrophe industrielle sur des dimensions des marchés immobiliers autres que le prix, à savoir les volumes de transactions, le type d'occupation des logements (résidence principale ou secondaire, propriétaire ou locataire), et les caractéristiques des riverains (taille, composition et revenus des ménages). Par une méthode en différence de différences couplée à un appariement, elle compare l'évolution de plusieurs composantes des marchés immobiliers situés à moins de 2 kilomètres du site à celui de zones proches et comparables mais hors du périmètre à risque, entre 7 et 10 kilomètres du site industriel. Un an après l'accident d'AZF, le fait d'être situés à moins de 2 kilomètres d'un site Seveso se traduit par une décote supplémentaire du prix des logements de l'ordre d'une vingtaine d'euro par mètre carré. Les résultats ne permettent pas de conclure à un effet significatif sur les taux de transactions, mais indiquent clairement une hausse du taux de vacance parallèle à une baisse de l'occupation des logements à proximité des sites Seveso comme résidence principale. L'accident semble avoir également eu un impact sur la population des riverains, avec une baisse du nombre d'enfants et de la taille des ménages, ainsi que du revenu moyen par unité de consommation.

À l'étranger, Bauer et al. (2013) étudient la réaction du marché immobilier allemand à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi en mars 2011. Estimant un modèle en différence de différences, ils trouvent que toutes choses égales par ailleurs, Fukushima a réduit le prix des maisons à proximité des centrales nucléaires allemandes de presque 6 %. Le prix des maisons près des sites allemands fermés après l'accident a chuté de 11 %. Au delà de l'effet sur la perception des habitants, les auteurs concluent néanmoins que ce sont les motifs économiques qui expliquent cette chute des prix à proximité des centrales nucléaires.

V. Comment les politiques de prévention des risques influencent-elles les marchés immobiliers?

Cette partie explicite les canaux par lesquels les différents instruments des politiques de prévention des risques peuvent avoir un impact sur les marchés immobiliers, à savoir via la perception des risques, les dommages, l'utilité retirée des biens immobiliers. L'objectif des politiques de prévention des risques est d'assurer la sécurité des personnes et de réduire les dommages, soit en agissant sur l'aléa, soit en agissant sur la vulnérabilité. Pour cela, une large palette d'instruments et d'actions complémentaires est mobilisée : construction d'ouvrages de protection, politiques de zonages, information préventive, assurance dommages, etc. Chacun de ces instruments va actionner un ou plusieurs des canaux de transmission aux marchés immobiliers. Il est important de les identifier pour évaluer l'efficacité et l'impact des politiques de prévention des risques.

Sont détaillés les effets potentiels positifs et négatifs des instruments suivants : les régimes d'assurance obligatoire de type Cat' Nat', l'information préventive, les politiques de zonages réglementaires et d'urbanisme (PPR) et de constructions d'ouvrage de protection (PAPI ou PSR).

V. 1. Assurance catastrophe naturelle

L'effet théorique de systèmes d'assurance catastrophe naturelle facultatif et obligatoire de type Catastrophe Naturelle a été décrit dans la partie 1. Pour rappel, si l'assurance est facultative, seuls les résidents des zones exposées ont intérêt à y souscrire et si l'assurance tarifie les risques à leur juste coût, la capitalisation négative du risque dans les prix immobiliers passera donc par le montant de la prime d'assurance. La conséquence théorique du système d'assurance Cat' Nat' obligatoire est que les prix ne capitalisent pas le risque, car le montant de la prime est indépendant du niveau d'exposition et que tous les ménages sont assurés. Ce résultat suppose néanmoins que les agents connaissent l'architecture du système d'assurance catastrophe naturelle, notamment la couverture quasi complète des dommages tangibles et l'absence d'ajustement du montant de leur prime à leur niveau d'exposition. Or, 77% des ménages estiment être mal informés sur le fonctionnement des assurances en cas de catastrophes naturelles, dont 25% s'estiment très mal informés (IFOP, 2013). Seuls 23% des ménages s'estiment bien informés.

À notre connaissance, l'impact de la mise en place ou de l'existence du système d'assurance catastrophe naturelle sur les choix résidentiels et les marchés immobiliers n'a pas fait l'objet d'étude statistique en France. Les primes d'assurance inondations n'étant pas aussi strictement encadrées aux États-Unis, les assureurs peuvent moduler en fonction de l'exposition au risque et les ajuster suite à des catastrophes naturelles. L'impact de l'assurance catastrophe naturelle aux États-Unis et des réformes l'encadrant a fait l'objet de très nombreuses recherches mobilisant la méthode des prix hédoniques. Elles confirment que les marchés immobiliers nord américains valorisent le flux capitalisé des primes d'assurance catastrophes naturelles (Bin et al., 2008b; MacDonald et al., 1990; Harrison et al., 2001; Bin et Landry 2013 pour les plus récentes par exemple).

V. 2. Politiques de protection

L'objectif des mesures structurelles (construction ou renforcement d'ouvrages de protection, aménagement de zone d'expansion des crues par exemple) est de réduire l'intensité de l'aléa et/ou sa fréquence. La conséquence théorique de la construction d'ouvrages de protection est donc *a priori* une revalorisation des logements situés en zone à risque, à hauteur des dommages évités (voir encadré).

Néanmoins, en cas de défaillances ou de rupture de l'ouvrage, les zones jusqu'alors protégées peuvent subir un aléa supplémentaire et des dommages plus graves. Les digues, par exemple, écrètent les crues inférieures à leur hauteur de sorte que la probabilité d'inondation des zones protégées devient nulle pour ces hauteurs d'eau. Néanmoins, si le niveau d'eau dépasse la hauteur de l'ouvrage et déborde (phénomène de surverse), la zone est inondée. Les vitesses d'eau et quantité pouvant être plus élevées qu'en l'absence de digue, la zone derrière l'ouvrage sera exposée à un risque de surinondation et de brèche pouvant avoir des conséquences très dangereuses pour les populations. La digue peut également devenir un obstacle au retrait de l'eau et aggraver l'inondation comme cela, par exemple, a été le cas à la Faute sur Mer après le passage de la tempête Xynthia.

V. 3. Zonages réglementaires

Autre instrument majeur des politiques de prévention des risques, le contrôle de l'occupation et de l'usage - actuels et futurs - des sols à proximité des sources de risques. En France, il s'agit des Plans de Prévention des Risques naturels et technologiques, qui, une fois approuvés, sont annexés aux documents d'urbanisme locaux (Plans Locaux d'Urbanisme, Plan d'Occupation des Sols...). Les PPR se matérialisent sous la forme d'un plan de zonage, issu du croisement de cartes d'aléas (fréquence et intensité des phénomènes) et de cartes des enjeux. Ils identifient des zones inconstructibles, constructibles sous réserve d'aménagements particuliers ou constructibles (voir figure 6 pour un exemple dans le cas du risque inondation par débordement de cours d'eau). Ils

Réduction de l'aléa et prix immobiliers

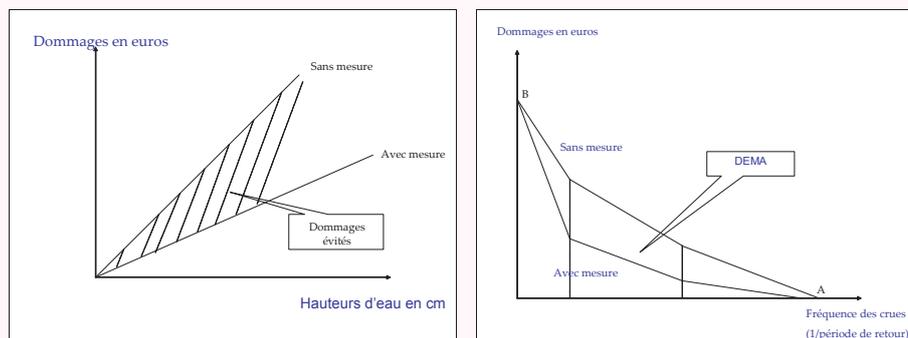
Les effets attendus de la construction d'ouvrages de protection sont une baisse des probabilités objectives d'occurrence de l'aléa (modification de la loi de $s G(s)$) et pour une intensité d'aléa donnée une réduction des dommages sur les territoires (modification de la fonction de dommages $D(s, d)$). La conséquence est une réduction des dommages anticipés ce qui devrait se traduire *in fine* par une réduction du différentiel de prix entre zones à risques et zones sûres. La revalorisation des logements à risque sera théoriquement égale aux dommages évités :

$$p_{ap}(\bar{a}, d) - p_{av}(\bar{a}, d) = E_{\tilde{s}}[D_{av,i}] - E_s[D_i] + (\rho_{ap,i} - \rho_{av,i}) > 0$$

$$p(\bar{a}, 0) - p_{ap}(\bar{a}, d) < p(\bar{a}, 0) - p_{av}(\bar{a}, d)$$

où $p_{ap}(\bar{a}, d)$ et $p_{av}(\bar{a}, d)$ sont respectivement les prix d'un logement situé en d après et avant construction de l'ouvrage de protection, $E_{\tilde{s}}$ est l'opérateur d'espérance quand s suit la loi $\tilde{G}(s)$ après travaux et E_s quand s suit la loi $G(s)$ avant travaux, \tilde{D}_i et D_i les fonctions dommage après travaux et avant travaux.

FIGURE 5 – Dommages évités par un ouvrage de protection inondation



Source : « Analyse coût bénéfice. Annexes techniques », MEDDE (2010).

Le risque de défaillance de l'ouvrage va déformer la queue de distribution de l'aléa (intensité plus importante mais fréquence faible). L'espérance de sur-dommages causés dépendra des paramètres locaux (probabilité de défaillance, importance du phénomène de surinondation, localisation des enjeux...) de sorte qu'il n'est *a priori* pas possible de déterminer dans quelle mesure ils annulent les dommages évités.

sont accompagnés d'un règlement précisant, selon le degré d'exposition, les mesures foncières sur l'urbanisation existante (expropriation, droit à délaissement), des restrictions sur l'urbanisme futur (restrictions d'usage, inconstructibilité, règles de construction renforcées¹³,...) et/ou les prescriptions sur le bâti existant (travaux de renforcement,...).

L'impact des PPR sur les choix résidentiels et les marchés immobiliers à proximité des sources de risques est complexe à déterminer car plusieurs effets négatifs et positifs se conjuguent :

- effet de la publication de cartes d'exposition (effet d'information),
- effet des prescriptions sur le bâti existant ou futur (renchérissement des coûts, réduction de la vulnérabilité),
- réglementation de l'occupation et de l'usage des sols (perte de droits de développement, effet de rareté causé par la réduction de l'offre de terrains résidentiels, effet d'aménité positive en sanctuarisant les zones non constructibles).

Certains de ces effets impacteront directement le prix des logements, d'autres n'auront une incidence qu'à moyen terme, via l'impact sur le prix des terrains à bâtir et les coûts de la construction.

13. Par exemple plain-pied surélevé avec refuge, plain-pied sur remblai avec refuge, vide-sanitaire, etc.

Les Plans de Prévention des Risques

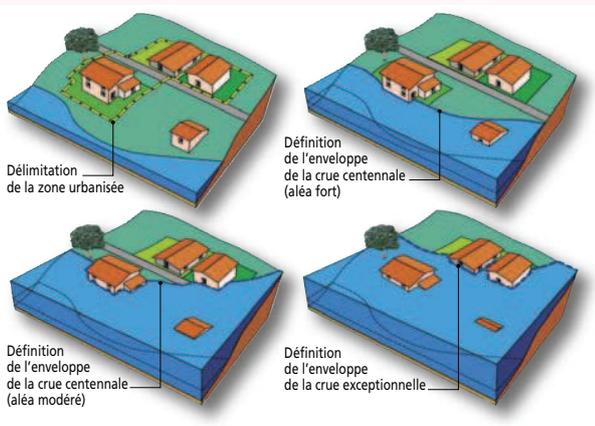
Les plans de prévention des risques naturels (PPRn) ont été institués par la loi du 2 février 1995. La loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques naturels et technologiques et à la réparation des dommages a renforcé les dispositions relatives à l'information, la concertation et au financement par le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs des actions de prévention contre les risques. Cette loi instaure notamment les plans de prévention des risques technologiques à proximité des sites industriels les plus dangereux. La procédure PPR est définie par les articles L.562-1 à L.562-9 du Code de l'environnement. Réalisé par l'État, ce document a pour objet de rassembler la connaissance sur le risque visé (inondations, avalanches, feux de forêts, industriel, minier, ...) sur un territoire donné, d'en déduire une délimitation des zones exposées et de définir des prescriptions en matière d'urbanisme, de construction et de gestion dans les zones à risques, ainsi que des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde des constructions existantes dans cette zone. Il y a habituellement un plan de prévention des risques par type d'aléa et il se compose :

- d'un rapport de présentation qui contient l'analyse des phénomènes pris en compte et l'étude de leur impact sur les personnes et sur les biens, existants et futurs.
- d'une carte issue du croisement entre cartes d'aléas et d'enjeux qui délimite les zones réglementées par le PPR ;
- d'un règlement précisant les règles qui s'appliquent à chaque zone et définit selon le degré d'exposition les conditions de réalisation de tout projet, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers et aux collectivités, mais aussi les mesures applicables aux biens et activités existants.

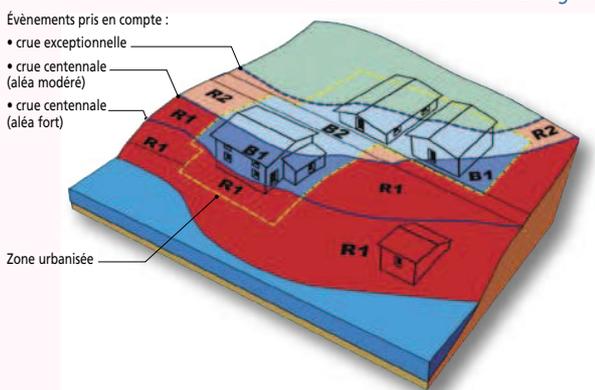
Le PPR réglemente donc fortement les nouvelles constructions dans les zones très exposées. Dans les autres secteurs, il veille à ce que les nouvelles constructions n'aggravent pas les phénomènes (facteurs de risques) et ne soient pas vulnérables en cas de catastrophe naturelle. Les règles du PPR s'imposent soit aux constructions futures, soit aux constructions existantes et vont de la possibilité de construire sous certaines conditions à l'interdiction de construire dans les cas où l'intensité prévisible des risques ou la non aggravation des risques existants le justifie. Une fois approuvés à l'issue d'un processus d'expertise et d'une phase de consultation, il vaut servitude d'utilité publique qui s'impose à tous notamment lors de la délivrance du permis de construire : particuliers, entreprises, collectivités, ainsi qu'à l'État. Il doit à ce titre être annexé au document d'urbanisme local. Le zonage réglementaire et le règlement sont des documents opposables.

FIGURE 6 – Exemple de zonages réglementaires d'un Plan de Prévention des Risques Inondations (Sources : MEDD/DPPR)

Le risque inondation lié aux crues



Traduction en termes de zonage



- R1** : zone d'interdiction non urbanisée, inondée en crue centennale quel que soit l'aléa (= zone d'expansion des crues) et zone urbanisée inondée en crue centennale en aléa fort.
- R2** : zone d'interdiction non urbanisée, inondée en crue exceptionnelle (= zone d'expansion des crues ; cette enveloppe s'étend au-delà de la zone R1).
- B1** : zone de prescriptions urbanisée inondée en crue centennale en aléa fort.
- B2** : zone de prescriptions urbanisée inondée en crue exceptionnelle (cette enveloppe s'étend au-delà de la zone B1).

V. 3. a. Effet d'information sur l'exposition.

Les zonages réglementaires peuvent avoir un effet d'objectivation du risque. En effet, le processus d'approbation des PPR comprend la réalisation et la publication de cartes d'aléas, la tenue d'une enquête publique, de réunion de concertations, etc. qui peuvent modifier la perception des riverains quant à l'intensité et la fréquence de l'aléa et leur exposition au risque (par exemple zone d'aléa centennal ou exceptionnel sur la figure 6). Le PPR aura donc en premier lieu un effet sur les marchés immobiliers via l'actualisation des perceptions des agents. On s'attend à une réduction des biais de perception :

$$|q' - p| < |q - p| \quad (18)$$

où q est la probabilité perçue avant le PPR, q' celle après et p la probabilité objective.

Toutes choses égales par ailleurs, si les ménages sous-estimaient la probabilité de l'aléa, la publication de carte d'aléa va réduire leur biais de perception, et l'effet théorique est une baisse des prix dans les zones à risque par rapport à leur niveau avant publication. S'ils sur-estimaient la probabilité dans les zones les moins exposées, on devrait en théorie aussi observer une hausse du prix dans les zones blanches.

V. 3. b. Effet des prescriptions

Pour chaque zone, le règlement peut prévoir une limitation de l'usage des sols et des prescriptions sur le bâti existant ou futur en fonction des niveaux d'exposition pour que le risque soit pris en compte dans l'urbanisation.

La raison d'être des prescriptions tant sur les logements existants que sur les constructions futures est de les adapter à l'aléa, et donc de réduire la vulnérabilité des ménages. Les logements respectant les prescriptions seront donc en principe moins vulnérables (baisse de la fonction de dommages), de sorte que les dommages anticipés seront moins élevés que sans respect des prescriptions.

$$\begin{aligned} \forall d, s \quad f'(d, s) &< f(d, s) \\ \Rightarrow E_s[f'(d, s)] &< E_s[f(d, s)] \end{aligned}$$

où $f(d, s)$ est la fonction de dommages avant le PPR, et $f'(d, s)$ celle après. Cet effet « sécurité » devrait donc avoir un effet à la hausse sur les logements aux normes.

Toutefois, le coût de ces prescriptions va être capitalisé par les marchés. Dans le cas de prescriptions sur les logements existants (principalement le cas pour les PPRT), il peut s'agir de travaux à réaliser sur le logement ou sur les extensions futures de la construction (par exemple contraintes de maintien de libre circulation des eaux dans le cas du risque d'inondation).

Les prescriptions à la construction vont avoir un effet retardé sur le prix des logements, lors de la livraison des nouveaux logements. Dans certains cas, elles peuvent en effet entraîner des surcoûts pour les constructeurs, du fait des matériaux et de la main d'oeuvre supplémentaires nécessaires à la mise en conformité. Dans le cas des inondations, les prescriptions les plus courantes sont les planchers surélevés et l'interdiction de maisons de plain pied, imposant la construction d'un étage ce qui peut entraîner un surcoût et un délai de livraison non négligeable. De plus, si les ménages ont une préférence pour les logements de plain pied, leur propension marginale à payer et donc leur enchère de prix sera plus faible. Ces éléments vont dans le sens d'un effet à la baisse du prix des logements futurs en zone réglementée.

V. 3. c. Réglementation et limitation de l'usage des sols

L'objectif des règlements est d'assurer la sécurité des personnes et de réduire les coûts des catastrophes. Pour cela, les règlements vont chercher à limiter la croissance urbaine et à contrôler les densités dans les zones à risques. La planification et les réglementations de l'offre foncière et/ou immobilière ont pour effets de (Gérald, 1992) :

- réduire la quantité totale, voire la taille des terrains à bâtir disponibles ;
- limiter le choix d'emplacement des terrains à bâtir disponibles ;
- restreindre l'usage foncier des terrains à bâtir ;
- modifier les délais et/ou les coûts de constructions des logements.

Du fait des contraintes sur l'occupation des sols et des limites de possibilités constructives, les PPR peuvent avoir pour conséquence une perte partielle de droits de développements de la propriété des occupants de logements dans les zones réglementées. En effet, l'extension d'une construction peut être interdite, ou soumise à des prescriptions comme des contraintes de maintien de libre circulation des eaux dans le cas du risque inondation. C'est le cas, par exemple, d'une partie du terrain de la première maison sur la figure 6 qui, étant en zone rouge, devient non constructible. Cette limitation de l'utilité que l'occupant peut retirer de son bien devrait avoir un effet négatif sur la valeur du bien.

Offres de logements : effet de rareté. Le plus souvent les restrictions de l'usage des sols à proximité des sources de risques se traduisent par l'inconstructibilité totale ou partielle des terrains. La première conséquence est une baisse de valeur des terrains devenus entièrement non constructibles qui tombe à la valeur de l'usage autorisé, le plus souvent agricole. Sur un espace donné, les restrictions d'usage résidentiel auront pour effet de réduire l'offre foncière à destination du secteur résidentiel et *in fine* donc de réduire l'offre de logements neufs. À demande de logements constante, cet effet de rareté contribuera à renchérir le prix des logements (Chestire et Vermeulen, 2009; Grieson et White, 1981). Les restrictions sur les densités et les mesures définissant l'affectation des usages fonciers à certaines zones restreignent les quantités de terrains disponibles à l'urbanisation et donc le nombre de logements, augmentant ainsi les prix immobiliers et fonciers des zones concernées par ces mesures (Grieson et White, 1981).

Plus généralement, l'action restrictive de l'offre foncière, et donc de logements neufs, par la réglementation tendrait à accroître les prix du foncier et de l'immobilier neuf par rapport à l'ancien. Si la demande de logements et de terrains à bâtir est relativement inélastique à l'intérieur de la région concernée, les restrictions sur l'offre augmenteraient plus que proportionnellement les prix immobiliers et fonciers. Inversement, si la demande est relativement élastique, la baisse de l'offre foncière par la réglementation peut favoriser le report d'une partie de la demande sur les régions voisines (surtout si la région considérée est petite) et donc diminuer le nombre de constructions de nouveaux logements dans cette région (Dawkins et Nelson, 2002).

La possibilité pour les communes de réviser leur document d'urbanisme local et d'ouvrir de nouveaux secteurs à la construction dans les zones non exposées pour compenser la baisse d'offre de terrains suite au PPR peut néanmoins diminuer cet effet de rareté.

Demande de logements : effet d'aménité positive. La réglementation peut engendrer des externalités locales (Dawkins et Nelson, 2002), à savoir des bénéfices que peuvent retirer les ménages vivant à proximité des espaces protégés par la réglementation. Ainsi, les propriétés situées dans un zonage PPR peuvent être recherchées car le contrôle de l'urbanisation garantit qu'il n'y aura pas ou peu de constructions dans le voisinage et que les aménités existantes seront préservées. Cette sanctuarisation de fait de ces espaces contribue à améliorer les caractéristiques extrinsèques du bien et peuvent accroître l'attractivité de la zone. Par conséquent, cet effet d'aménité positive liée aux zonages peut se traduire par une hausse de la demande résidentielle, et donc, toutes choses égales par ailleurs, *in fine* une hausse des prix immobiliers.

Au delà de l'effet sur les prix, l'évaluation de l'effet d'une politique de zonage réglementaire est à mesurer en fonction de son impact sur le bien-être global. L'effet du PPR sur l'utilité de plusieurs agents sera alors à prendre en compte :

- les ménages déjà propriétaires d'un logement avant le zonage,
- les ménages propriétaires d'un logement après le zonage,
- les propriétaires de terrains à bâtir,
- les ménages exclus par le zonage.

Les pertes causées par la chute de valeurs des terrains devenus non constructibles, les pertes d'utilité liées aux limitations d'usage, le coût des prescriptions, les baisses d'utilité et l'exclusion de certains ménages du fait des hausses de prix seront à mettre en regard des dommages évités du fait de l'adaptation des logements et du contrôle de l'urbanisation en zone à risque, des gains d'utilité liés aux effets d'aménité et des gains des propriétaires existants ayant vu la valeur de leur bien augmentée.

V. 3. d. Résultats empiriques

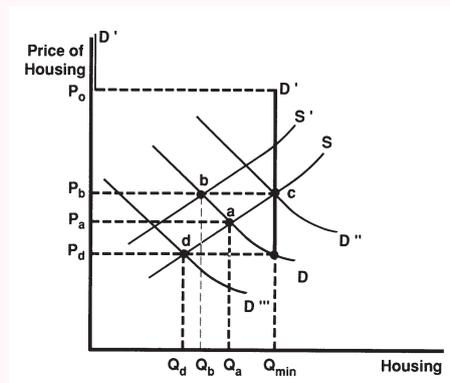
Les politiques de prévention des risques, notamment les plans de prévention des risques, ont fait l'objet de plusieurs tentatives d'évaluation. Les études réalisées sur Charleville-Mézières, le littoral du Pas-de-Calais et l'estuaire de la Gironde apportent des éléments de réponse mais des approfondissements, notamment méthodologiques, sont encore nécessaires pour identifier l'impact causal de l'approbation d'un PPR sur les marchés de l'immobilier. Des travaux sont en cours au CGDD dans ce sens sur les PPRn et les prix immobiliers en Ile de France (Mauroux) et sur l'effet de la mise en place des PPRt depuis 2007 sur les marchés immobiliers à proximité des sites SEVESO (Bléhaut et Mauroux).

Approbation d'un PPR. Le PPRi couvrant la commune de Charleville-Mézières a été approuvé en 1999. Pour estimer l'effet de l'approbation du PPR sur le prix des logements en zone inondable, Déronzier et Terra (2006) ajoute à la régression hédonique une variable indiquant si la transaction a eu lieu en zone inondable avant 2000. Les résultats ne permettent pas de conclure à une différence significative de prix en zone inondable avant et après la date d'approbation du PPR. L'interprétation est néanmoins délicate car deux crues se sont produites en 1995 (type centennale) et en 2001 (de moindre ampleur), soit juste avant et juste après l'approbation du PPR. Soit l'approbation du PPR inondations n'a pas eu d'impact sur les prix des logements dans le zonage réglementaire, soit ces événements ont informé les ménages de l'exposition aux risques de la zone et les marchés intégraient déjà le risque.

Effet de la planification urbaine sur les prix immobiliers et fonciers

La limitation de l'usage résidentiel des sols aura un effet sur l'offre de logements via le choc de rareté mais aussi sur la demande via l'effet d'aménité. La figure 7 tirée de Pogodzinski et Sass (1990) représente les impacts théoriques de ces deux effets sur les prix immobiliers. Dans la situation initiale sans réglementation, l'offre de logement est S , la demande D et l'équilibre de marché se trouve en a (prix p_a , quantités q_a).

FIGURE 7 – Effet rareté et effet aménité



Sources : Pogodzinski et Sass (1990).

Effet rareté. La baisse de la quantité de terrains à bâtir disponible entraînera une réduction de la quantité de logements neufs : la courbe d'offre se déplace vers le haut et la gauche de S en S' . L'effet sur l'équilibre dépendra de l'élasticité de la demande de logements. Si la demande de logements reste inchangée^a ou est très inélastique, alors le nouvel équilibre sera b : le prix a augmenté par rapport à a , la quantité de logements neufs a diminué. Si au contraire les ménages sont parfaitement mobiles et peuvent se déplacer dans les villes voisines sans coûts supplémentaires (cas où la demande est parfaitement élastique et la courbe de demande est horizontale), l'effet agrégé d'une contrainte sur l'offre de terrain ne sera qu'une réduction de l'offre de logements neufs dans la zone réglementée (Dawkins et Nelson, 2002). On a raisonné jusqu'à présent à densité de construction constante. Or une politique de zonage prévoyant la densification des zones constructibles (un logement par terrain de 5000 m^2 plutôt qu'un logement par terrain de 10000 m^2 par exemple) atténuera l'effet de rareté sur les terrains disponibles et, à moyen terme, la baisse de logements neufs.

Effet aménité. Côté demande, le zonage génère des externalités positives (qualité environnementale préservée, limitation de la congestion des services publics à proximité, ...). Cet effet d'aménité se traduira par un déplacement de la courbe de demande (Dawkins et Nelson, 2002). En effet, si les ménages sont mobiles, ils peuvent être attirés des zones voisines vers la zone réglementée par attrait pour l'aménité. Sur le graphique 7 cela correspond au cas où la demande passe de D à D'' . L'effet sur l'équilibre dépendra de l'élasticité de l'offre de logement. À offre inchangée, le nouvel équilibre sera c : prix et quantités sont supérieurs à la situation initiale sans réglementation. Si au contraire l'offre de logements est parfaitement inélastique^b (courbe d'offre verticale), une hausse de la demande de logements dans les zones réglementées entraînera une hausse de prix des logements. Si l'offre de logements est élastique au prix, la quantité de logements neufs augmentera aussi en réponse à la hausse de la demande.

Si la réglementation restreint très fortement les usages fonciers, l'effet peut être une baisse de la demande. Ce cas de figure est représenté sur la figure par la courbe D''' . À offre inchangée, l'équilibre est alors d : prix et quantités sont inférieurs à leur niveau initial.

De plus, une politique de densification peut être vue comme une contrainte par les acheteurs (baisse de qualité du fait de la baisse des surfaces et/ou du jardin) et affecter leur demande de logements dans la zone.

Effet global. L'effet conjugué de l'effet de rareté et de l'effet d'aménité dépendra de l'ampleur du choc d'offre et du choc de demande, mais aussi de l'élasticité de l'offre et de la demande.

a. Cette hypothèse revient à supposer que les ménages ne sont pas mobiles ou que la ville est fermée.

b. C'est par exemple le cas dans les zones déjà très urbanisées.

À Montauban, une baisse des prix moyens des logements situés en zone inondable a été observée en 2000, concomitamment avec l'entrée en vigueur du PPR approuvé en décembre 1999 (Hubbert et al. 2003, Hubbert 2005). Il ne semblerait néanmoins pas que le PPR constitue le facteur le plus influent du prix de l'immobilier, surface et type de bien l'emportant. Ces résultats

descriptifs semblent confirmés par des entretiens menés auprès de professionnels de l'immobilier à Montauban. Une simple analyse avant/après ne permet cependant pas de conclure si cette baisse est entièrement imputable au PPR ou si elle accompagne une tendance générale à la baisse des marchés immobiliers indépendante de la politique de prévention des risques. Pour estimer l'effet du PPR il serait nécessaire de contrôler l'évolution des prix sur des marchés similaires pour avoir un contre-factuel à la situation des communes soumises à un PPR.

Localisation dans un zonage réglementaire. Dans l'estuaire de la Gironde, la localisation dans un zonage PPRi se traduit par une dépréciation des prix des terrains agricoles par rapport aux terrains hors de ces zones (Dachary-Bernard et al., 2014). Cette décote est plus importante lorsque les terrains sont à destination résidentielle (décote de 59 % sur la rive gauche de l'Estuaire et 62,5 % sur la rive droite) que lorsque l'usage est viticole (décote de 43 % rive gauche et de 33 % rive droite). Les auteurs en concluent que le marché résidentiel intègre les pertes de valeurs générées par les inondations. C'est sur le segment des terrains agricoles rive gauche que l'effet est le plus marqué : la localisation en zone du PPR entraîne une décote moyenne de 75 % du prix des terrains par rapport à une localisation hors des zonages (-25 % rive droite). Cela reflète le fait que la production agricole subit des pertes importantes en cas d'inondation. À cela s'ajoute l'effet des prescriptions du PPR qui, en limitant les usages possibles des terrains, réduit leur prix par rapport aux utilisations les plus efficaces. Le marché semble donc bien intégrer les pertes de valeurs causées non seulement par les inondations mais aussi par les restrictions d'usage.

Au contraire, sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais, la prescription du PPR submersion marine ne semble pas, toutes choses égales par ailleurs, avoir eu l'impact significatif sur le prix moyen des appartements et terrains à bâtir situés dans les communes du périmètre du PPR. Caumont (2014) étudie l'impact de la localisation du bien dans une commune située dans le périmètre de prescription du PPR submersion marine (prescrit en août 2001, pas approuvé à ce jour) entre 2002 et 2008. Lors de la prescription en août 2001, seule une liste de 30 communes concernées a été établie, sans cartes d'aléa ni détail sur les zonages infra-communales. La prescription agit donc comme un indicateur à la fois de l'exposition probable du logement au risque de submersion marine et de potentielles restrictions à venir sur l'occupation des sols et/ou sur la construction si le logement est *in fine* inclus dans un zonage à l'approbation du PPR. D'après les modèles hédoniques retenus, le fait d'être situé dans une commune soumise au PPR prescrit n'a pas eu d'effet significatif sur les prix des appartements et des terrains destinés à accueillir une maison individuelle par rapport au prix dans les communes adjacentes (communes littorales et/ou traversées par l'autoroute A16 mais hors du périmètre de prescription du PPR en 2001). Pour les maisons, l'effet est significatif et légèrement négatif.

Ces deux études comparent les prix entre des biens situés dans et hors des zonages pour la première, et dans des communes dans et hors du périmètre du PPR pour la seconde. Cette méthode présente deux inconvénients. D'une part, elle ne permet pas de distinguer ce qui relève de l'exposition à l'aléa et ce qui relève des prescriptions et contraintes associées au zonage du plan de prévention des risques (règles de prévention applicables aux projets d'aménagement et bâti existant, limites de possibilité constructives en zone urbanisées), ce qui est à l'origine d'un biais de confusion. D'autre part, il est probable que, du fait de la présence d'un cours d'eau, les communes soumises à PPR aient connu un développement et une urbanisation différents de ceux des communes non soumises à l'aléa et que celles-ci aient des caractéristiques différentes liées à la fois à leur exposition au risque et au PPR, différences qui vont influencer sur les marchés immobiliers et cela même avant la mise en place de la politique de prévention des risques (biais de sélection). Une différence simple entre communes dans et hors du périmètre du PPR après la prescription ne permet pas de contrôler des éventuelles différences de prix et volumes des transactions déjà présentes avant la prescription. S'il y a des différences structurelles liées à l'aléa sur ces marchés et si elles persistent après la prescription, alors l'estimation sera biaisée. Des analyses en évolution avant/après et basées sur la comparaison de contre-factuels (modèles en différence de différences) permettraient de réduire ces deux biais.

Schaefer (1990) étudie l'effet de la désignation en zone inondable puis la mise en place de la réglementation relative deux ans plus tard sur la valeur des propriétés dans une ville de l'Ontario, Canada. Ses résultats suggèrent que la désignation en 1982 des zones inondables puis la mise en place de la réglementation SPA en 1984 n'a pas eu d'effet significatif sur les valeurs des propriétés résidentielles situées dans les zones inondables. La réglementation est mise en place deux ans après la désignation mais Schaefer traite indépendamment ces deux événements et les résultats de l'estimation de l'impact de la réglementation incluent une partie des effets des zonages et sont donc vraisemblablement biaisés (biais de confusion). De plus, l'échantillon étant très petit (93 transactions) les résultats sont peu robustes aux choix de spécification. Harrison et al. (2001) étudient l'impact de l'entrée en vigueur du National Flood Insurance Reform Act en 1994. Cette loi modifie le régime d'assurance : la souscription à une assurance inondation pour obtenir un prêt pour un logement situé en zone inondable est désormais obligatoire pour toute la durée du prêt, et non plus uniquement à la souscription du prêt, et des pénalités sont prévues en cas de non respect. Avant le passage du National Flood Insurance Reform Act, le différentiel de prix entre les maisons situées en zone inondable et celles hors de la zone était de près de 1 000 \$, toutes choses égales par ailleurs. Ils réestiment le même modèle de régression hédonique estimé sur la période 1994-1997 et trouvent un différentiel de prix toutes choses égales par ailleurs de 2 120 \$, soit deux fois plus important. Une estimation en différence de différence sur l'ensemble de la période suggère que les logements situés dans la zone inondable (et donc soumise à une obligation d'assurance) vendus après 1994 ont enregistré, du fait de la mise en place du NFIR Act, une décote de 1 850 \$, toutes choses égales par ailleurs.

Effet des prescriptions. Holway et Burby (1990) étudient l'effet du National Flood Insurance Program (NFIP), une politique fédérale aux États-Unis qui requiert des gouvernements locaux qu'ils réglementent l'usage des terrains en zone inondable pour réduire l'exposition des propriétés aux dommages. Le NFIP prévoit, entre autres, des réglementations sur la construction en zone inondable pour que les résidents soient éligibles à un système d'assurance catastrophe. Le NFIP établit des standards fédéraux qui imposent que toute nouvelle construction doit être élevée à la hauteur de la crue centennale. Le respect des normes NFIP entraîne un surcoût à la construction résidentielle estimé entre 5 et 16 %. Le fait d'adopter localement un code de la construction plus strict que celui prévu par le NFIP a un effet dépréciatif sur le prix des terrains à bâtir de neuf villes américaines : le prix d'une parcelle située en zone inondable est, toutes choses égales par ailleurs, 74 \$ par pied carré inférieur dans une ville qui impose que le logement soit surélevé de un pied par rapport à la hauteur d'eau de crue centennale, par rapport aux villes qui n'impose pas cette surélévation additionnelle. Dans les villes où tout développement dans la zone inondable est interdit, la valeur d'une parcelle localisée à plus de 75 % dans la zone inondable est inférieur de 188 \$ par pied carré à celle d'une parcelle à moins de 25 % dans la zone inondable.

Derhing (2006) exploite la variabilité temporelle, cette fois, des réglementations à la construction de logements en zone inondable en Floride, dans les Barrier Islands, pour estimer l'impact des prescriptions sur le prix des terrains résidentiels. Elle estime un modèle de prix hédoniques pour tester les changements de prix suite à la participation du comté de Lee au NFIP, où les effets prix sont une fonction de la hauteur de plancher imposée. Elle teste aussi les changements de prix suite à la mise en place d'une Coastal Building Zone, et suite à la remise en place du Coastal Construction Control Line du comté. Elle trouve une baisse du prix de terrains à bâtir jusqu'à 30 % pour les propriétés affectées par ces trois changements de codes de la construction, toutes choses égales par ailleurs. Ces résultats suggèrent que les bénéfices de la sécurité sont plus que compensés par les coûts additionnels de mise en conformité causés par les changements de code.

V. 4. Information préventive

L'objectif des dispositifs d'information préventive est de fournir aux populations exposées des informations sur les probabilités supposées objectives de réalisation des aléas et sur l'exposition des logements, le plus souvent sous forme de carte d'aléas et de risque, de repères de crues, de formulaire d'entrée dans le logement, etc.. Le niveau d'exposition restant *a priori* inchangé, l'effet attendu de la publication et de la mise à disposition du public de cartes d'aléas est une réduction du biais de perception des populations. Si les agents sous-estiment le risque et si ces politiques sont efficaces au sens que les ménages modifient leur perception, on peut s'attendre à un accroissement de la capitalisation du risque par les marchés immobiliers, et donc à une baisse du prix des logements à risque par rapport aux logements non exposés. Si, au contraire, les agents sur-estiment le risque, on s'attend à une baisse de ce différentiel de prix. Les politiques d'information préventive seront efficaces et l'information mise à disposition sera prise en compte à condition que l'information atteigne effectivement sa cible et qu'elle soit considérée comme fiable et objective (crédit accordé au producteur des cartes). Ces politiques atteignent rarement l'ensemble de la population, leur impact est à mesurer par rapport à la proportion des ménages informés. Se pose également la question de la permanence temporelle de l'effet d'information.

Dans le cas particulier des dispositifs ciblant les nouveaux occupants de logements, comme en France le dispositif de l'Information Acquéreur Locataire (voir encadré), l'objectif est de corriger l'imperfection de l'information, voire l'asymétrie d'information, entre propriétaire et futurs occupants. Dans le cas d'une vente, la prémisses est que le propriétaire, s'il est le dernier occupant du logement, peut disposer d'une information plus complète et parfaite sur la qualité du bien et notamment sur son exposition et sa vulnérabilité vis-à-vis des risques naturels et technologiques. Le futur occupant, au contraire, fait face à des coûts de recherche et ne disposerait que d'une information partielle et éventuellement fautive, notamment du fait des coûts de recherche lorsque le risque n'est pas visible. L'originalité de ces dispositifs est que cette information est déjà disponible par ailleurs (en mairie, en préfecture, sur internet), le plus souvent publiquement et gratuitement.

Lorsqu'ils n'ont pas été anticipés, les dispositifs de type *seller disclosure* peuvent être considérés comme un changement exogène qui induisent une prise de connaissance de l'attribut « risque » par des acheteurs non informés. Ils vont réduire une éventuelle asymétrie d'information entre acheteurs informés et vendeurs non informés. Observer que le différentiel de prix entre logements situés en zone à risque et hors des zones à risque s'accroît après la mise en place d'une telle politique conforterait l'hypothèse d'asymétrie d'information entre acheteur et vendeur.

V. 4. a. Résultats

Caumont (2014) analyse l'intégration du risque de submersion marine au dispositif d'information acquéreur locataire sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais en octobre 2011 suite à la production et la mise à disposition du public de cartes décrivant l'aléa de submersion marine et l'exposition des territoires du périmètre de prescription du PPR. Il estime l'impact sur le prix des biens immobiliers d'être situé dans un zonage d'aléa (fort et moyen) sur la période d'octobre 2011 à juin 2013, par rapport aux biens situés dans les zones d'aléa faible et dans les communes adjacentes mais hors du périmètre du PPR (littoral et/ou entre le littoral et l'autoroute A16). L'effet sur le prix des maisons n'est pas significatif, quel que soit le niveau d'aléa. En revanche, il trouve un effet significatif et positif de la localisation dans une zone d'aléa fort pour les appartements. Ne réalisant pas une estimation avant/après l'intégration de l'aléa submersion marine à l'IAL il n'est néanmoins pas en mesure d'identifier l'effet de ce choc informationnel

L'information Acquéreur Locataire

Depuis le 1er juin 2006, les acquéreurs ou locataires de bien immobilier, de toute nature, doivent être informés par le vendeur ou le bailleur, de l'existence des risques auxquels ce bien est exposé au regard du zonage sismique et/ou des risques pris en compte dans un plan de prévention des risques (articles L. 125-5 et R. 125-23 à 27 du code de l'environnement). L'objectif est de permettre aux nouveaux occupants de se préparer et d'adapter en conséquence leur habitat ou l'usage du bien.

Un état des risques, fondé sur les informations transmises par le Préfet de département au maire de la commune où est situé le bien, doit être en annexe de tout type de contrat de location écrit, de la réservation pour une vente en l'état futur d'achèvement, de la promesse de vente ou de l'acte réalisant ou constatant la vente de ce bien immobilier qu'il soit bâti ou non bâti. Cette obligation d'information s'applique dans chacune des communes dont la liste est arrêtée par le Préfet du département, pour les biens immobiliers bâtis ou non bâtis situés :

- dans le périmètre d'exposition aux risques délimité par un plan de prévention des risques technologiques ayant fait l'objet d'une approbation par le Préfet ;
- dans une zone exposée aux risques délimitée par un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé par le Préfet ou dont certaines dispositions ont été rendues immédiatement opposables en application du code de l'environnement (article L. 562-2);
- dans le périmètre mis à l'étude dans le cadre de l'élaboration d'un plan de prévention des risques technologiques ou d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles prescrit par le Préfet ;
- dans une des zones de sismicité Ia, Ib, II ou III mentionnées à l'article 4 du décret du 14 mai 1991.

En cas de non respect de l'obligation d'information et de non présentation de l'état des risques naturels et technologique, l'acquéreur ou le locataire peut poursuivre la résolution du contrat ou demander au juge une diminution du prix (art. 125-5 du code de l'environnement).

En 2013, l'application de l'obligation d'information acquéreur locataire a été évaluée par l'inspection générale du ministère de l'écologie (Bellurot et al., 2013). Dans le cas des ventes, les règles de l'information préventive sont strictement respectées par les notaires dans le cadre de l'ensemble des procédures et contraintes liées aux actes de vente. Les professionnels sont en effet avertis des risques contentieux en cas d'insuffisance ou d'omission de l'IAL. Dans la pratique, le document est rempli par les notaires, les agents immobiliers ou encore très souvent les cabinets pluridisciplinaires qui s'occupent de l'ensemble des démarches préalables à la vente (consommation énergétique, amiante, surface Loi Carrez, etc).

Le domaine de la location constitue, au contraire, le point le plus faible de cette réglementation. Le bail est en effet souvent rédigé par des particuliers qui ne connaissent pas la réglementation de sorte qu'elle est peu appliquée.

Le rapport souligne également que les obligations spécifiques à l'IAL n'interviennent qu'en fin de procédure, alors même que l'ensemble des autres étapes du dossier de vente ou de location a déjà été effectué, souvent avec difficultés et une durée significative. Cette information serait délivrée trop tardivement, à un moment où le locataire ou l'acquéreur a déjà fait son choix et où la négociation sur le prix a déjà eu lieu. À dire d'experts du marché immobiliers, il se déroule néanmoins en moyenne 3 mois entre la signature de la promesse de vente et celle de l'acte authentique. Si c'est une simple promesse de vente et non un compromis qui a été signé, alors, durant ce laps de temps, l'acheteur peut se rétracter et ne pas exercer son option d'achat du bien.

sur les prix. Il estime uniquement l'effet du fait que le logement est situé dans un zonage d'aléa entre octobre 2011 et juin 2013 par rapport au cas où il serait hors des zonages. S'il existait un différentiel de prix même avant la publication des cartes et la mise en place de l'IAL sur le risque submersion marine, alors il n'est pas en mesure de distinguer ce qui relève de ce différentiel et ce qui relève de l'impact du choc informationnel. L'effet de l'obligation d'IAL est donc vraisemblablement surestimé.

Mauroux (2015) évalue l'effet de l'entrée en vigueur de l'IAL au 1^{er} juin 2006 sur le prix des logements dans les communes soumises à un PPRn. Le recours à une méthode en différence de différences permet de contrôler l'évolution conjoncturelle des prix immobiliers et les différences structurelles entre les logements dans et hors des zonages du PPRn, et donc entre logements soumis à l'obligation d'IAL et les autres. Ses résultats indiquent des signes que l'IAL a augmenté la proportion des acheteurs informés dans sa zone d'étude : dans les communes sinistrées par une catastrophe naturelle l'année précédant la vente, le prix des appartements situés dans un zonage de PPRn et soumis à l'IAL était en moyenne 6 % moins élevé que celui d'un logement similaire mais hors des zones PPR. Pour les appartements situés au rez-de-chaussée le différentiel de prix est de 8 % alors qu'il n'était pas significatif avant le 1^{er} juin 2006. L'entrée en vigueur de l'IAL a également réduit la probabilité qu'après le premier juin 2006 un logement situé dans les zonages PPR soit vendu à un acheteur ne résidant dans le même canton, et donc vraisemblablement moins bien informé de l'exposition au risque du territoire avant l'IAL.

À titre de comparaison, une politique similaire d'information des acquéreurs potentiels au sujet de l'exposition au risque du bien ne semble avoir qu'un effet faible sur les prix. Pope (2008) s'intéresse à l'instauration en 1996 en Caroline du Nord d'une obligation de disclosure, le *Residential Property Disclosure Act*. Dans la pratique, ce formulaire d'information intégrant d'autres informations est distribué aux acheteurs potentiels avant qu'une offre ne soit faite, le plus souvent lors de leur première visite. Des estimations en différence de différences indiquent une décote de 4 % sur le prix des logements situés dans les zones fédérales de risque inondation (probabilité de crue supérieure à 1 % par an), par rapport aux logements exposés à des risques moins fréquents (probabilité de crue supérieure entre 0,2 et 1 % par an) ou non exposés de Wake County (Caroline du Nord), toutes choses égales par ailleurs (distance au principal cours d'eau à proximité incluse). Contrairement à la France, aux États-Unis les primes d'assurance catastrophes naturelles sont modulées en fonction de l'exposition au risque du logement. La décote de prix estimée par Pope correspond donc pour partie à un réajustement de l'anticipation des ménages de leurs futures primes d'assurance, et non au seul effet d'information comme avec l'IAL en France.

Donovan et al. (2007) ont, eux, étudié l'impact d'une campagne d'information sur internet par les pompiers de El Paso sur l'exposition des habitants au risque de feu de forêt. Les pompiers ont mis en ligne pour chaque logement des scores de risques, calculés sur la base de la situation géographique des logements par rapport à la forêt et des matériaux de construction des bâtiments. Les résultats de Donovan et al. suggèrent qu'après la mise en ligne des scores de risque par les pompiers, les effets d'aménités liés à l'exposition au risque de feux de forêt sont compensés par le niveau de risque des parcelles. Le prix d'un logement représentatif a diminué après le lancement du site. Cette information a modifié les préférences des résidents puisque après sa mise en ligne le prix implicite de caractéristiques des logements aggravant le risque d'incendie (toit en bois, revêtement extérieur en bois,...) change de signe. De recherchées et valorisées (impact positif et significatif sur le prix des logements), ces caractéristiques deviennent des handicaps pour la vente des logements (effet négatif et significatif).

Brookshire et al. (1985) estiment l'impact d'une politique d'information sur l'exposition au risque sismique en Californie, à savoir la publication de carte en 1974 de risque sismique élevé (Special Study Zones) dans le cadre du Alquist Priolo Act. Cette loi prévoit que les propriétaires des logements de la zone sont notifiés et qu'en cas de revente de leur bien ils ont l'obligation de notifier aux acheteurs potentiels que la propriété est située dans une zone sismique (annexe au contrat de vente). Les auteurs estiment un modèle de prix hédoniques avant et après 1974. Avant 1974, le fait d'être situé dans une zone à risque ne se traduit pas, toutes choses égales par ailleurs, par une décote de prix alors qu'après 1974 l'effet est négatif et significatif (- 4,650 \$ dans le comté de Los Angeles, - 2,490 \$ dans la Baie de San Francisco). Le risque sismique a donc été capitalisé dans les prix immobiliers dans les zones exposées autour de Los Angeles et de la Baie de San Francisco après la publication des cartes d'aléa.

VI. Conclusion - Synthèse

L'objectif des politiques de prévention des risques est d'assurer la sécurité des populations et la réduction des dommages matériels. Pour cela, l'État cherche à agir soit sur l'aléa, soit sur la vulnérabilité. Les mesures de prévention des risques, que ce soit la construction d'ouvrage de protection, l'information préventive, la maîtrise de l'urbanisation dans les zones exposées, vont impacter les marchés immobiliers, directement en imposant des coûts supplémentaires ou au contraire en réduisant les dommages moyens, en limitant l'offre de terrains disponibles pour le secteur résidentiel, indirectement en modifiant la perception des risques des populations riveraines. Le but de ce document était de clarifier comment les marchés immobiliers intègrent le risque et d'identifier les différents leviers actionnés lors de la mise en place d'une politique de prévention. Cette grille d'analyse des effets théoriques à la baisse ou à la hausse peut servir de cadre de référence lors de l'évaluation de l'impact de mesures de prévention sur les marchés immobiliers. Sous certaines hypothèses supplémentaires sur le comportement et les préférences des agents, les résultats pourront fournir des éléments utiles à l'évaluation de l'efficacité de la mesure étudiée en terme de prise de conscience du risque, de réduction de la vulnérabilité et de bien-être pour évaluer les bénéfices des mesures de prévention.

TABLE 3 – Synthèse des effets attendus du risque sur le marché immobilier

	Canal de transmission au prix des logements			
	Aléa (probabilité objective)	Perception (probabilité subjective)	Fonction de dommages	Capital immobilier et utilité retirée de l'usage du bien
Catastrophe	Aggravation de l'aléa (-) Réduction de l'aléa (+)	Choc informationnel (-) Expérience/vécu (-/+)	Hausse vulnérabilité (-)	Dommages matériels (-) Destruction de capital immobilier (-) Coûts de réparation (-) Rénovation (+)
Zonages réglementaires		Choc informationnel (-/+)	Réduction vulnérabilité (+)	Coût travaux prescrits (-) Pertes de droits de développement(-) Sanctuarisation (+) Effet de rareté, baisse des terrains disponibles (+) Hausse du coût de la construction (+)
Ouvrages de protection	Réduction de l'aléa (+) Risque de défaillance (-)	Sentiment de protection (+)		
Information préventive		Choc informationnel (-/+)		

L'impact effectif de l'exposition aux risques catastrophiques et des politiques de prévention sur les marchés immobiliers reste encore mal connu en France, notamment pour les risques autres que les inondations et pour les dimensions autres que les prix de vente des logements. Malgré l'hétérogénéité des sites, des fréquences d'aléa et des périodes, quelques enseignements se dégagent néanmoins. Le différentiel de prix prédit par la théorie de l'espérance d'utilité ne se retrouve pas dans les résultats des estimations de modèles de prix hédoniques. Lorsque le territoire n'a pas connu de catastrophe depuis plusieurs années, voire décennies, le risque n'est pas capitalisé dans les prix et seuls les effets positifs d'aménités liés à la localisation persistent. Au contraire, les transactions réalisées après une catastrophe majeure semblent surcapitaliser les dommages, sans que l'on puisse conclure sur la persistance temporelle de cet effet. L'information préventive, et notamment la mise en place du dispositif d'Information Acqureur Locataire, ne semble pas avoir eu d'effet dépréciatif sur les prix immobiliers, sans qu'il soit néanmoins possible de conclure à son effet sur la perception des risques. Au final, les études de cas sur données françaises semblent indiquer que c'est la fréquence et le caractère récent des événements qui influent le plus sur le prix des biens situés en zone à risque, plus que le niveau d'aléa ou la réglementation et les politiques de prévention des risques. Ces premières conclusions sont néanmoins difficilement généralisables à l'ensemble du territoire français, à l'ensemble des marchés immobiliers (terrains à bâtir, locaux commerciaux, terrains agricoles) ou transposables aux autres risques naturels.

Par ailleurs, ce panorama de la recherche française et internationale a permis d'identifier des bonnes pratiques méthodologiques :

- le recours à des Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour caractériser l'exposition et avoir des variables extrinsèques en lien avec la source de risque ;
- les méthodes de prix hédoniques couplées aux méthodes d'évaluation des politiques publiques (différences de différences, avant/après robustes, etc.).

Ce travail a aussi permis de mettre à jour tout un pan non exploré du sujet et des questions sur lesquelles il n'existe pas encore en France de travaux empiriques, malgré une demande sociale forte et un intérêt scientifique certain, à savoir :

- la dynamique temporelle et la persistance de l'impact d'un aléa sur les valeurs immobilières,
- l'effet de l'exposition et des politiques de prévention sur la décision de vente et d'achat, et donc sur les volumes de transactions,
- l'impact des mesures de réduction de l'aléa,

- l'hétérogénéité de l'impact des aléas sur les marchés et la perception des risques (mémoire du risque),
- les secteurs locatifs et non résidentiels des marchés immobiliers (locaux commerciaux, foncier agricole, ...),
- les dimensions autres que le prix : composition et profils socio-économiques des ménages, phénomène de gentrification, etc.

Références bibliographiques

Sur la France

Bellurot, N., Chapelon, J., Meignien X. and Joannis de Verclos, C. (2013), « Évaluation des dispositions visant à l'information préventive des citoyens vis-à-vis des risques naturels auxquels ils peuvent être exposés », Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Conseil général de l'environnement et du développement durable, n° 008684-01.

Bléhaut, M. (2015), « Impact de la perception du risque sur les marchés immobiliers : Les enseignements de l'accident d'AZF », Commissariat Général au Développement Durable, Le Point Sur (à paraître).

Bléhaut, M. (2015), « Risque industriel, prix des logements et ségrégation résidentielle », Revue Française d'Économie, vol. 30 (1), juillet 2015.

Bléhaut, M. et Mauroux, A. « The impact of industrial risk regulation on local housing markets: Evidence from a French policy change».

Caumont, V. (2014), « Risque de submersion marine et marchés fonciers et immobiliers sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais ». Phase 2 : Analyse quantitative des marchés fonciers et immobiliers, Cerema, juin 2014.

Chabbal J. (2005), « Le risque invisible, la non-émergence d'un problème public », Politix, No. 18, pp. 169-195.

Dachary-Bernard, J., Rambonilaza, T. et Lemarié-Boutry, M. (2014), "The response of land markets to flood protection and flood experience: a hedonic price modeling on the Gironde estuary (France)", Contributed Paper prepared for presentation at the 88th Annual Conference of the Agricultural Economics Society, AgroParisTech, Paris, France, 9-11 April 2014.

Déronzier, P. et Terra, S. (2006), « Les bénéfices économiques de la protection contre le risque d'inondation », Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, D4E, Série Études, n. 06 - E05.

Gislain-Letrémy, C. (2009), « Assurance des risques naturels en France. Sous quelles conditions les assureurs peuvent-ils inciter à la prévention des catastrophes naturelles? », Commissariat Général au Développement Durable, Collection Études et Documents, n. 1.

Gislain-Letrémy, C. et Katosky, A. (2013), « Les risques industriels et le prix des logements », Commissariat Général au Développement Durable, Collection Études et Documents, n. 95.

Hubert, G., Capblancq, J. et Barroca, B. (2003), « L'influence des inondations et des documents réglementaires sur le marché foncier en zone inondable », Annales des Ponts et Chaussées n. 105, 2003, p.32-39.

Hubert, G. (2005), « Influence du risque d'inondation et de la réglementation sur le marché foncier en zone inondable », in Le risque inondation et la cartographie réglementaire. Analyse de l'efficacité, des impacts et de l'appropriation locale de la politique de prévention, Programme de recherche « Évaluation et prise en compte des risques naturels et technologiques » du Ministère de l'écologie et du Développement Durable, 2003-2005.

IFOP (2013), « Les français et les risques naturels », Étude réalisée pour le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, novembre 2013.

Insee (2011), « Les inégalités de patrimoine s'accroissent entre 2004 et 2010 », Insee Première No. 1380, novembre 2011.

Letombe, G. et Zuideau, B. (2001), « L'impact des friches industrielles sur les valeurs immobilières : une application de la méthode des prix hédoniques à l'arrondissement de Lens », Revue d'économie Régionale et Urbaine, 2001/04, octobre.

Longuépée, J. et Zuideau, B. (2001), « L'impact du coût des inondations sur les valeurs immobilières : une application de la méthode des prix hédoniques à la basse vallée de la Canche », Cahiers du GRATICE n. 21, numéro spécial économie immobilière, pp. 143-166.

Mauroux, A. (2015), « Exposition aux risques naturels et marchés immobiliers », in Revue d'Économie Financière, n°117.

Mauroux, A. (2015), « L'information préventive améliore-t-elle la perception des risques? Impact de l'Information Acquéreur Locataire sur les prix des logements », Commissariat Général au Développement Durable, Collection Études et Documents, à paraître.

Mauroux, A., « L'effet des Plan de prévention des risques naturels sur le prix des logements, le cas de l'Île de France entre 2000 et 2010 », Commissariat Général au Développement Durable, Collection Études et Documents, à paraître.

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (2006), « Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). Cahier de recommandations sur le contenu des PPR » .

Sauvage, L. (1997), « L'impact du risque industriel sur l'immobilier », Association des études foncières.

SOeS (2014), « Le sentiment d'exposition aux risques environnementaux », Commissariat Général au Développement Durable, Chiffres et Statistiques No. 567.

Travers, M., Bonnet, E., Chev , M. et App r , G. (2009), « Risques industriels et zones naturelle estuarienne : une analyse hédoniste spatiale », * conomie et Prévision*, n.4-5, pp. 136-158.

International

Bartosova, A., Clark, D. E., Novotny, V., et Taylor, K. (2000), "Using GIS to Evaluate the Effects of Flood Risk on Residential Property Values", proceedings of the EPA Conference 2000, Marquette University.

Bauer, T. K., Braun, S. et Kvasnicka, M. (2013), "Distant Event, Local Effects? Fukushima and the German Housing Market", Kiel Institute for the World Economy Working Paper n. 1857.

Beron, K. J., Murdoch, J. C., Thayer, M. A. et Vijberberg, W. P. M. (1997), "An Analysis of Housing Market before and after 1989 Lima Prieta Earthquake", *Land Economics*, Vol. 73, n. 1, pp. 101-113.

Bin, O., et Polasky, S., (2004), "Effects of Flood Hazards on Property Values: Evidence before and after Hurricane Floyd", *Land Economics*, vol. 80, n.4

Bin, O., Crawford T. W., Kruse J. B. et Landry C. E. (2008a), "Viewscapes and flood hazard: coastal housing market response to amenities and risk", *Land Economics*, 84(3), pp. 434-448.

Bin O., Kruse J.B. et Landry, C.E. (2008b), "Flood Hazards, Insurance Rates, and Amenities: Evidence from the Coastal Housing Market", *Journal of Risk and Insurance*, n  75, pp. 63-82.

Bin, O. et Landry, C. E. (2013), "Changes in Implicit Flood Risk Premiums: Empirical Evidence From the Housing Market", *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(3): 361-376.

Brookshire, D. S., Thayer, M. A., Tschirhart, J. et Schulze, W. D. (1985), "A Test of the Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks", *The Journal of Polical Economy*, Vol. 93, n. 2, pp.369-389.

Browne, M. J. et Hoyt, R. E. (2000), "The Demand for Flood Insurance: Empirical Evidence", *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 20, Issue 3, pp 291-306.

Carbone, J.C., Hallstrom, D.G., Smith, V. K. (2006), "Can Natural Experiments Measure Behavioral Responses to Environmental Risks?", *Environmental & Resource Economics*, vol.33, pp.273-297.

Cordery I., Lambley D. B. (1997), "The effect of catastrophic flooding at Nyngan and some implications for emergency management", *The Australian Journal of Emergency Management*, pp. 5-9.

Daniel, V. E, Florax, R. et Rietveld, P. (2009), "Flooding risk and housing values: An economic assessment of environmental hazard", *Ecological Economics* 69, pp. 355-365.

Dehring, C. A. (2006), Building Codes and Land Values in High Hazard Areas, *Land Economics*, Vol. 82, No. 4, pp. 513-528.

Donovan G. H., Champ P. A. et Butry D. T. (2007), "Wildfire Risk and Housing Prices: a Case Study from Colorado Springs", *Land Economics*, vol 83, n. 2, pp.217-233.

Harrison, D. M., Smersh, G. T. et Schwartz, A. L. (2001), "Environmental Determinants of Housing Prices: The Impact of Flood Zone Status", *Journal of Real Estate Research* 21.

- Hallstrom, D. G. et Smith, V. K. (2005), "Market responses to hurricanes," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 50(3), pp. 541-561.
- Holway, J. M. et Burby, R. J. (1990), "The effects of floodplain Development controls on residential land values", *Land Economics*, vol. 66, n 3. Private markets, public decisions: an assessment of local land-use controls for the 1990s (Aug. 1990), pp. 259-271.
- Kunreuther, H., et al (1978) : *Disaster insurance protection : public policies lesson*. New York Wiley and Sons.
- Lamond, J. et Proverbs, D., (2006), "Does the price impact of flooding fade away?", *Structural Survey*, Vol. 24, Issue 5, pp.363-377.
- MacDonald D.N., White, H.L., Taube P.M et Huth, W.L. (1990), "Flood Hazard Pricing and Insurance Premium Differentials: Evidence from the Housing Market", *Journal of Risk and Insurance*, No. 57, pp. 654-663.
- McClelland, G., W. Schulze, et D. Coursey (1993), "Insurance for lowprobability hazards : a bimodal response to unlikely events", *Journal of Risk and Uncertainty*, n.7, pp. 95-116.
- McKensie, R. et Levendis, J. (2010), "Flood Hazards and Urban Housing Markets: The Effects of Katrina on New Orleans", *Journal of Real Estate Finance Economics*, n.40, pp. 62-76.
- Montz B. E. et Tobin G. A. (1988), "The Spatial and Temporal Variability of Residential Real Estate Values in Response to Flooding", *Disasters*, Volume 12, Issue 4, pp. 345-355.
- Montz, B. E. et Tobin, G. A. (1994), "The Flood Hazard and Dynamics of the Urban Residential Land Market", *Journal of the American Water Resources Association*, Volume 30, Issue 4, pp. 673-685.
- Montz, B. E. et Tobin, G. A. (1997), "The impact of a second catastrophic flood on property values in Linda and Olivehurst, California", *Quick Response Research Report #95*, Natural Hazards Center, University of Colorado at Boulder.
- Naio, M., Seko, M. et Sumita, K. (2009), "Earthquake risk and housing prices in Japan: Evidence before and after massive earthquakes", *Regional Science and Urban Economics* 39, pp. 658-669.
- Nakagawa M., Saito M. et Yamaga H. (2007), "Earthquake risk and housing rents: Evidence from the Tokyo Metropolitan Area". *Regional Science and Urban Economics*, n. 37, pp. 87-99.
- Pope, J. C. (2008), "Do Seller Disclosures affect property values? Buyer information and the Hedonic model?", *Land Economics*, vol. 84, no. 4, pp. 551-572.
- Pryce, G., Chen, Y. et Galster, G. (2011), "The Impact of Floods on House Prices: An Imperfect Information Approach with Myopia and Amnesia", *Housing Studies*, 26: 2, pp. 259-279.
- Schaefer, K. A., (1990), "The Effect of Floodplain Designation/Regulations on Residential Property Values: A Case Study in North York, Ontario", *Canadian Water Resources Journal*, 15:4, pp. 319-332.
- Schade, C., H. Kunreuther, et P. Kaas (2004), "Probability neglect and concern in insurance decisions with low probabilities and high stake", mimeo, Warton School, University of Pennsylvania.
- Schulze, W., G. McClelland, B. Hurd, et J. Smith (1986), "Improving accuracy and reducing costs of environmental benefit assessments", Report prepared for usepa.
- Sigma Re (2014), « Catastrophes naturelles et techniques en 2013 : Les inondations et la grêle causent d'importants dommages ; Haiyan frappe les Philippines », Rapport Sigma 1/2014, Swiss Re.

Méthodes

- Cheshire, P. et Vermeulen, W. (2009), "Land markets and their regulation: the welfare economics of planning", in *International Handbook of Urban Policy*, Vol. II: Issues in the Developed World. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Dawkins, C. J., Nelson, A. C. (2002), "Urban containment policies and housing prices: an international comparison with implications for future research", *Land Use Policy*, vol. 19, pp. 1-12.

- Etner J., Jeleva M., Tallon J. M. (2011), "Decision Theory under Ambiguity", *Journal of Economic Surveys*, vol. 26-2, pp. 234-270.
- Frame D. E. (1998), "Housing, Natural Hazards, and Insurance", *Journal of Urban Economics*, vol 44, pp. 93-109.
- Givord, P. (2010), « Méthodes économétriques pour l'évaluation de politiques publiques », INSEE, Document de travail de la DESE, G 2010/08.
- Grieson, R. E. et White, J. R. (1981), "The effects of zoning on structure and land markets," *Journal of Urban Economics*, vol. 10(3), pp 271-285.
- Grislain-Letrémy, C. et Villeneuve, B. (2011), "Natural and Industrial Disasters: Land Use and Insurance", DT Crest.
- Grislain-Letrémy, C. et Villeneuve, B. (2012), « Risques, assurance et valeur foncière », in *Les risques majeurs et l'action publique*, Rapport du Conseil d'Analyse Économique, décembre 2012.
- Palmquist, R. B. (1982), "Measuring Environmental Effects on Property Values without Hedonic Regressions", *Journal of Urban Economics*, vol 11, pp. 333-347.
- Palmquist, R. B. (2005), "Property value models", *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 2, chap. 16.
- Parmeter, C. F. et Pope, J. C. (2013), "Quasi-experiments and Hedonic Property Value Methods", *Handbook of Experimental Economics and the Environment*, Edward Elgar Publishers, 2013.
- Pogodzinski, J. M., et Sass, T. R. (1990), The Economic theory of zoning: a critical review, *Land Economics*, vol. 66, n 3. Private markets, public decisions: an assessment of local land-use controls for the 1990s (Aug. 1990), pp. 294-314.
- Rosen, R. (1974), "Hedonic price models and implicit markets: product differentiation in pure competition", *Journal of Political Economics*, 82, 34-55.
- Savage, L. J. (1954), *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley.
- Tallon, J.-M. et Vergnaud, J.-C. (2007), « Incertitude et information en économie de l'environnement. Choix privés et attitudes individuelles face à l'incertitude », *Revue Française d'économie*, XXII(2), pp.3-56.
- Terra, S. (2005), « Guide de bonnes pratiques pour la mise en oeuvre de la méthode des prix hédoniques », Ministère de l'écologie et du développement durable, D4E, Série méthode, n. 05 - M01.
- Tversky, A., et D. Kahneman (1973), "Availability: a heuristic for judging frequency and probability", *Cognitive Psychology*, 5(2), 207-232.
- Viscusi, K. W. (1998), *Rational Risk Policy*, Oxford University Press.

Commissariat général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Tour Voltaire

92055 La Défense cedex

Tél : 01.40.81.21.22

Retrouver cette publication sur le site :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/developpement-durable/>

Exposition aux risques catastrophiques, politiques de prévention et marchés de l'immobilier en France. État de la connaissance économique

Cette étude propose un état de la connaissance économique sur l'interaction entre exposition aux risques catastrophiques, politiques de prévention et marchés immobiliers. L'ampleur des pertes humaines et matérielles causées par les catastrophes naturelles et industrielles est intimement liée aux choix d'implantation et de résidence des populations. Mieux comprendre le fonctionnement des marchés immobiliers locaux et la formation des prix peut fournir de précieux enseignements sur les déterminants des choix résidentiels des ménages ainsi que sur leur perception en matière d'exposition aux risques.

Ce document identifie les mécanismes théoriques d'intégration du risque par les marchés immobiliers et discute les hypothèses de modèles de référence, notamment en termes de perception des risques par les agents. Il détaille et discute les effets potentiels à la hausse et à la baisse des événements catastrophiques et des politiques publiques (assurance obligatoire, ouvrage de protection, zonages réglementaires, information préventive) sur les marchés immobiliers. Il dresse également un état des lieux critique des études réalisées sur données françaises et identifie les questions encore largement inexplorées, malgré un fort intérêt des acteurs de la prévention des risques.

Des synthèses de cette étude sont publiées sous format de 4 pages. Le point sur n°214 « Risques et marchés immobiliers – L'influence du risque inondation sur le prix des logements » et Le point sur n°215 « Risques et marchés immobiliers – Effets des politiques de prévention sur le prix des logements ».

Exposure to disaster hazards, risk prevention policies and the real estate market in France. Review of knowledge in economics.

This article reviews theoretical and empirical findings in economics on the interaction between exposure to catastrophic risks, prevention policies and real estate markets. Casualties and material losses caused by natural and industrial catastrophes are mainly driven by geographical patterns and residential choices. Better understanding local real estate markets functioning and price setting mechanisms gives precious informations on the determinants of households residential choices and on their perceptions on risk exposure.

This article first identifies the theoretical mechanisms by which risk real estate markets integrate natural and industrial catastrophic risk and discusses the underlining assumptions of the reference theoretical models, in particular the assumption on risk perception. All possible positive or negative impacts of catastrophic events and public policies (regulated zoning, compulsory insurance, flood defense structures, preventive information) on real estate markets are then detailed and discussed. This article also lists and critically reviews the existing studies on French data and identifies research questions still pending despite the lively interest of various risk prevention actors.



Dépôt légal : Novembre 2015
ISSN : 2102 - 4723