

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR DES ASSURANCES AUX ÉTATS-UNIS

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

LATTAFI KHALED

MAI 2024

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mes directeurs de recherche Alessandro Barattieri et Dalibor Stevanovic. Leur soutien constant, leurs conseils éclairés et leur expertise ont été essentiels tout au long de cette recherche. Merci infiniment pour leur précieuse contribution à mon parcours académique. Je voudrais remercier également l'ensemble du corps professoral du département des sciences économiques pour cette formation.

Je dédie ce travail à ma femme pour sa patience infinie, son amour indéfectible et son soutien constant tout au long de la rédaction de ce mémoire à ma famille, à mes frères et sœurs pour leur soutien et encouragements à distance.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
ACRONYMES	vii
RÉSUMÉ	viii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE	3
1.1 L'effet des catastrophes naturelles sur l'économie	3
1.2 L'effet des catastrophes naturelles sur le secteur des assurances	5
CHAPITRE 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DÉSASTRES NATURELS AUX ÉTATS-UNIS	7
2.1 Le climat et les changements climatiques.....	7
2.2 Les changements climatiques : impacts globaux et régionaux	8
2.3 Les principaux indicateurs du changement climatique	9
2.4 Les causes du changement climatique	11
2.5 Statistiques sur les changements climatiques aux États-Unis	12
CHAPITRE 3 MARCHÉ DES ASSURANCES AUX ÉTATS-UNIS	20
3.1 Principes de l'assurance	20
3.2 Secteur des assurances aux États-Unis	20
3.3 Assurance multirisque habitation	21
3.4 Statistiques du marché des assurances aux États-Unis	27
CHAPITRE 4 ANALYSE EMPIRIQUE	34
4.1 Méthodologie	34
4.2 Résultats et discussion	37

CONCLUSION..... 47

BIBLIOGRAPHIE 49

TABLE DES FIGURES

Figure 2.1	Les climats dans le monde	8
Figure 2.2	La température de la surface globale	9
Figure 2.3	L'élévation moyenne des océans	10
Figure 2.4	Évolution de la température aux Etats Units, 1900-2021	12
Figure 2.5	Nombre d'ouragans aux États-Units, 2000-2021	13
Figure 2.6	Les précipitations les plus fortes aux États-Unis, 1990-2000	14
Figure 2.7	Fréquence des catastrophes naturelles aux États-Units.....	15
Figure 2.8	Coût des désastres aux États-Units 1980-2022 en Milliard de Dollars	16
Figure 3.1	Primes d'assurance habitation en pourcentage de l'ensemble des primes d'assurance multirisque, 2019	23
Figure 3.2	Évolution du PIB et primes des assurances aux États-Unis 1987-2021.....	28
Figure 3.3	Évolution du taux de pénétration et de la densité d'assurance de 1987 à 2021.	29
Figure 3.4	Nombre d'entreprises d'assurances aux États-Unis de 1987 à 2021	30
Figure 3.5	Sinistres de l'assurance habitation de 2003 à 2020.....	32
Figure 3.6	Moyenne des ratios de pertes pour l'assurance habitation, de 1995 à 2021	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	La Contribution à L'augmentation du Niveau des Océans	11
Tableau 2.2	Les pertes moyennes dans chaque État en milliards de dollars (1995-2020).....	16
Tableau 2.3	Liste des catastrophes les plus importantes aux États-Unis 1995-2021	17
Tableau 3.1	Primes nettes de l'assurance habitaion 2010-2019(primes totalles)	23
Tableau 3.2	Les 10 principales entreprises d'assurances habitation en termes de primes directes émises en 2019.	24
Tableau 3.3	La prime moyenne dans chaque État 1995-2020 en millions de dollars.....	24
Tableau 3.3	La prime moyenne dans chaque État 1995-2020 en millions de dollars.....	25
Tableau 3.4	Le nombre moyen d'entreprises par État pour la période de 1995 à 2020.	26
Tableau 3.5	Principaux indicateurs du marché de l'assurance aux États-Unis, de 1987 à 2021.....	27
Tableau 3.6	Primes moyennes pour l'assurance habitation, 2008 à 2021	30
Tableau 3.6	Primes moyennes pour l'assurance habitation, 2008 à 2021	31
Tableau 3.7	Sinistres de l'assurance habitation 2003-2020	31
Tableau 4.1	Régression du ratio de sinistre (taux de perte)	39
Tableau 4.2	Régression de la prime d'assurances	42
Tableau 4.3	Régression du sinistre.....	44
Tableau 4.4	Régression du nombre des entreprises d'assurances dans chaque État.....	46

ACRONYMES

PIB Produit Intérieur Brut.

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

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration.

FIO Federal Insurance Office.

NAIC Nationale Association of Insurance Commissioners.

FACI Federal Advisory Committee on Insurance.

OMM Organisation Météorologique Mondiale.

UAH Université de l'Alabama à Huntsville.

RSS Systèmes de Télédétection.

HO Homeowners.

RÉSUMÉ

Ce mémoire examine l'impact du changement climatique sur le secteur de l'assurance aux États-Unis en analysant des données compilant les primes d'assurance, le nombre d'entreprises et les sinistres sur la période de 1995 à 2020. Les résultats de différentes régressions révèlent que les catastrophes de masse (événements Blockbuster) augmentent le ratio de sinistres pendant l'année où la catastrophe naturelle a eu lieu. De plus, elles ont un impact supplémentaire de 35 % sur les sinistres pour la période de 2005 à 2020, une période qui a été témoin de catastrophes naturelles remarquables. Les événements inattendus et les sinistres majeurs ont des effets doubles, à la fois en augmentant les tarifs d'assurance (prix) et en réduisant la quantité d'assurance souscrite. De plus, les catastrophes à grande échelle ont un impact considérable sur le nombre d'entreprises. En effet, la survenue d'une catastrophe majeure fait baisser de 1,1 % (sur l'ensemble des entreprises) le nombre de compagnies offrant une police d'assurance habitation.

Mots clés : changement climatique, assurances habitation, catastrophes naturelles

INTRODUCTION

Le changement climatique constitue l'un des plus grands défis du XXI^e siècle et a un impact significatif sur notre économie. Parmi les secteurs touchés, celui des assurances est particulièrement vulnérable aux effets de ce phénomène, car sa fonction principale consiste à offrir une couverture optimale pour les risques liés au climat.

Au fil des décennies, le changement des températures a conduit à des conditions climatiques exceptionnellement sévères, entraînant des pertes financières importantes pour les compagnies d'assurance. De plus, les primes d'assurance sont devenues coûteuses dans certains États américains et pour certains assureurs. Selon Flavelle *et al.* (2023), la compagnie STATE FARM a cessé de vendre des contrats d'assurance en raison de l'augmentation des catastrophes naturelles dans certains États. En outre, de nombreuses études ont mis l'accent sur le phénomène climatique et son impact sur l'économie, l'emploi, les répercussions locales et nationales. Dans cette étude, nous avons cherché à répondre à la question suivante :

Quel est l'impact du changement climatique sur le secteur des assurances aux États-Unis ?

Pour répondre à cette question, nous avons utilisé des données relatives au secteur de l'assurance aux États-Unis, qui incluent les primes d'assurance habitation couvrant l'ensemble des risques climatiques, les sinistres enregistrés dans chaque État (dommages subis), le nombre d'assureurs actifs dans chaque État, ainsi qu'une liste des dommages les plus significatifs enregistrés dans chaque État.

Pour étudier l'interaction entre les risques climatiques et le secteur des assurances, nous avons utilisé une base de données couvrant la période de 1995 à 2020, incluant les taux de sinistralité, des primes d'assurance et des sinistres. De plus, l'impact des catastrophes causées par les changements climatiques sur le comportement des compagnies d'assurances a été analysé. En outre, une série de variables muettes est introduite pour capturer l'effet fixe et spécifique à chaque État, ainsi que les effets fixes de chaque année afin de contrôler les différences individuelles au sein de chaque État.

L'analyse initiale révèle que les entreprises d'assurance réagissent à ces catastrophes naturelles en augmentant leurs taux d'assurance. De plus, les sinistres encourus et les ratios de sinistralité augmentent à la suite d'événements catastrophiques. En ce qui concerne le nombre d'assureurs dans chaque État, on observe

une diminution attribuable au retrait d'entreprises et parfois à la faillite de certains assureurs. Par exemple, l'ouragan Katrina, avec son impact financier évalué à plus de 125 milliards de dollars, a incité ALLstate, un assureur majeur, à se retirer de plusieurs États côtiers. Cette situation met en lumière les répercussions significatives des événements catastrophiques sur le secteur de l'assurance, influençant les décisions stratégiques des entreprises du domaine.

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres. Le premier se penche sur la littérature existante sur le changement climatique et son impact sur l'économie. Le deuxième chapitre présente la première partie des données utilisées pour répondre à la question de la recherche, ainsi que les aspects, les indicateurs, les causes, et les statistiques du changement climatique. Le troisième chapitre présente les caractéristiques du secteur des assurances aux États-Unis et les variables utilisées dans la partie empirique. Enfin, le dernier chapitre présente l'analyse empirique et la discussion des résultats.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

Selon *Global Risk Report Economic* (2022), le risque climatique représente la plus grande menace à long terme pour l'ensemble de l'humanité à laquelle les compagnies d'assurance font face. D'après le rapport de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) intitulé *Atlas de la mortalité et des pertes économiques dues à des phénomènes météorologiques, climatiques et hydrologiques extrêmes*, 1970-2019, on trouve que le monde a enregistré à l'échelle mondiale 11000 événements climatiques sur la période allant de 1970 à 2019 avec un coût de plus de 1381 milliards de dollars.

Dans ce chapitre, nous parcourons la littérature existante sur l'impact des catastrophes naturelles sur le secteur des assurances. Dans deux parties, nous étudions les effets à court et à long terme de ces événements sur l'économie, puis ceux qu'ils ont sur le secteur des assurances.

1.1 L'effet des catastrophes naturelles sur l'économie

Sur le court terme, plusieurs travaux sur le niveau microéconomique montrent que les risques climatiques ont des effets importants sur la production Noy (2009). Selon Felbermayr et Gröschl (2014), les catastrophes naturelles réduisent le produit intérieur brut (PIB) par habitant et les conséquences varient en fonction du développement économique, ils annoncent que la production et les dommages directs sont moindres chez les pays développés que les pays en développement et les petites économies Noy (2009) ; Platt *et al.* (2016). Breckner *et al.* (2016) confirment ce qui précède en constatant que les impacts négatifs sont plus importants dans les pays moins développés. En outre, l'impact d'une catastrophe dépend en partie de la taille et de l'étendue de la catastrophe naturelle, de la situation géographique, du degré de développement financier d'un pays, et de la qualité des institutions politiques en place. Dans le même article, on trouve quatre types de catastrophes : géophysiques, y compris les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, et les mouvements de terrain (secs) ; hydrologiques incluant les inondations, les mouvements de terrain humide comme l'écoulement de neige ; météorologiques comme les orages et les ouragans ; climatiques notamment les températures extrêmes. Ils constatent que les catastrophes climatiques et hydrologiques provoquent un fort déclin de l'activité économique dans les pays en développement et pays émergents, tandis que les catastrophes géophysiques et météorologiques diminuent davantage l'activité économique dans les pays industrialisés.

Dans le domaine de la croissance financière, les chercheurs mènent divers types d'études pour analyser les effets du changement climatique sur l'économie. Hsiang et Jina (2014) ont conclu que l'impact des cyclones sur la croissance économique à long terme peut ne pas être perceptible en raison de leur évolution progressive. Néanmoins, ils ont un effet important et entraînent de grosses pertes à cause du fait qu'ils se sont produits pendant une décennie. De plus, Bertinelli et Strobl (2013) ont quantifié l'impact économique des typhons aux Philippines, et selon leurs résultats, il y avait en effet un effet économiquement substantiel sur l'activité économique des Philippines. Strobl (2011), tout en examinant l'impact des ouragans sur l'économie, a conclu que lorsqu'on étudie la croissance économique des États-Unis sur une année, il y a un impact de ce désastre naturel au niveau de l'État. Cependant, en essayant d'obtenir une image nationale, les cyclones ne semblent pas avoir un impact remarquable sur la croissance économique de l'ensemble du pays. Dans une recherche menée par Vu et Noy (2018), l'accent était mis sur l'examen de l'effet des cyclones sur les entreprises au Vietnam. Les résultats indiquent que les entreprises impliquées dans la vente au détail ont tendance à connaître une baisse des ventes lorsqu'elles sont touchées par ce désastre naturel. Cependant, malgré cet effet négatif, les cyclones ont un impact positif sur l'investissement et peuvent inciter les compagnies à investir dans certains aspects de leurs opérations. De plus, il a été noté que cet impact varie en fonction de l'emplacement de l'entreprise (zones urbaines et rurales). Les données Vu et Noy (2018) suggèrent que l'augmentation des investissements après une catastrophe naturelle est plus importante dans les zones urbaines en raison de l'aide gouvernementale. En effet, comme on se rapproche de la capitale du pays, les niveaux d'investissement augmentent.

L'effet des ouragans sur le marché du travail fait partie de la littérature existante qui se concentre sur les impacts de la migration des entreprises causés par le cyclone tropical. Plusieurs chercheurs à savoir McIntosh (2008), Groen et Polivka (2008), ainsi que De Silva *et al.* (2010), ont examiné l'impact de la migration provoqué par l'ouragan Katrina sur le marché du travail local. De plus, d'autres comme Barattieri *et al.* (2022) ont étudié les effets dynamiques à court terme des catastrophes naturelles sur l'emploi.

Les catastrophes naturelles sont, par nature, imprévisibles. Il est donc important de bien comprendre les conséquences qu'elles ont sur les activités économiques et l'emploi. Selon Noy et duPont (2018), les catastrophes naturelles peuvent avoir trois conséquences à long terme sur l'économie : aucun impact sur le long terme, impact positif et impact négatif. Selon ces chercheurs, les études menées pour voir les effets des catastrophes naturelles sur l'économie se sont soit concentrées sur les pays à faible revenu, soit n'ont pas révélé d'effet majeur, suggérant qu'après une catastrophe naturelle, l'économie d'un pays devrait, après un

certain laps de temps, retrouver son état initial qui prévalait avant la catastrophe. Cependant, dans certains cas, de telles catastrophes peuvent représenter une opportunité de reconstruire de nouvelles infrastructures et de favoriser la productivité. Les catastrophes naturelles peuvent également avoir un impact négatif sur l'emploi et le revenu, en particulier si le pays touché n'est pas un pays développé (Baily, 2011).

Une étude récente menée par Roth Tran et Wilson (2023), explore la réaction de l'économie locale après une catastrophe naturelle aux États-Unis en utilisant des données sur catastrophes naturelles, revenu, emploi, prix des logements et la population, sur les quatre dernières décennies. Leurs résultats révèlent que les catastrophes ont un impact positif à long terme sur le revenu total et le revenu par habitant en raison de l'augmentation de l'emploi, et à plus long terme, des salaires plus élevés. À long terme, les prix de l'immobilier augmentent, en particulier dans les régions où les catastrophes sont plus fréquentes en raison de l'augmentation des salaires et une relative inélasticité de l'offre de main-d'œuvre et de logements.

1.2 L'effet des catastrophes naturelles sur le secteur des assurances

Bien que de nombreuses études se penchent sur les conséquences des catastrophes naturelles sur l'économie, rares sont celles qui se concentrent spécifiquement sur les impacts du changement climatique dans le domaine de l'assurance. Cette difficulté vient du fait que l'économie est compliquée, avec un cycle de production particulier et beaucoup d'organisations connectées entre elles. Cela rend la collecte de données un peu compliquée, ce qui pose des problèmes pour bien comprendre comment ces événements impactent vraiment.

Le travail qui consiste en une référence pour notre étude est celui de Born et Viscusi (2006), une étude porte sur l'effet des catastrophes naturelles sur le marché des assurances aux États-Unis pour la période allant de 1984 au 2004. À l'aide d'une grande base de données sur l'activité des assurances l'article montre qu'il existe un effet positif des taux de pertes et les sinistres sur la rentabilité du secteur des assurances, aussi les entreprises d'assurance réagissent aux événements catastrophiques soit par l'augmentation de leurs tarifs d'assurance soit la sortie du marché de l'État suite à un événement majeur. Katherine Wagner a beaucoup travaillé sur le changement climatique et son impact sur le secteur des assurances, notamment en examinant les réformes politiques dans les marchés à haut risque et à faible risque visant à atténuer les effets du changement climatique (Wagner, 2022a). Elle a également analysé les effets sur le bien-être des réformes proposées dans les marchés de l'assurance contre les catastrophes naturelles. Ses recherches révèlent que la volonté de payer pour une assurance contre les inondations est remarquablement faible,

avec moins de 60 % des propriétaires souscrivant une telle assurance dans les zones à haut risque, même si les primes ne représentent que les deux tiers de leurs coûts propres.(Wagner, 2022b)

Le rôle de l'assurance est souvent mis en lumière lorsqu'il s'agit des pertes causées par le changement climatique, car elle offre des protections contre les catastrophes liées à ces événements. C'est pourquoi l'étude des effets des catastrophes naturelles sur les compagnies d'assurance revêt une importance cruciale. Elle permet à ces compagnies de comprendre comment offrir une couverture adéquate en cas de catastrophe tout en maintenant une marge de profit pour éviter le risque de faillite.

CHAPITRE 2

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DÉSASTRES NATURELS AUX ÉTATS-UNIS

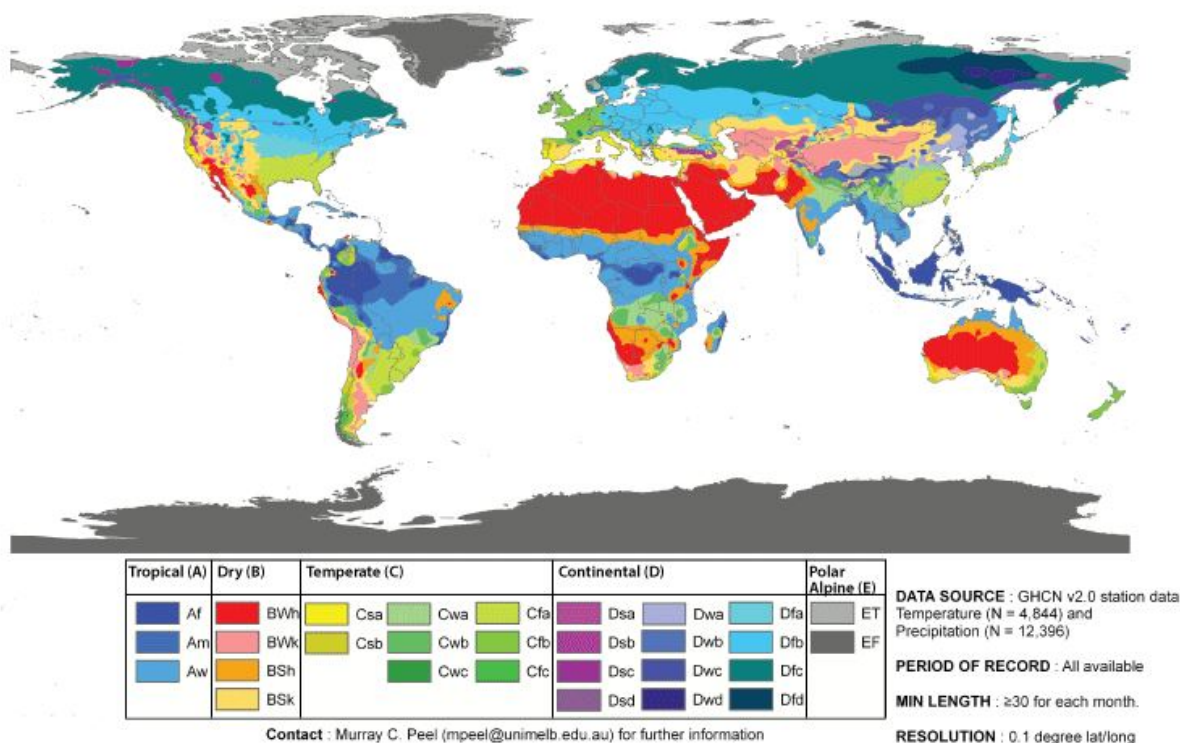
Le changement climatique a des implications importantes sur les phénomènes météorologiques et peut contribuer à l'augmentation des désastres naturels aux États-Unis. Dans ce chapitre, nous faisons le point sur les différents aspects du changement climatique. Nous présentons ensuite brièvement l'environnement climatique des États-Unis et nous fournissons des données issues de la partie empirique.

2.1 Le climat et les changements climatiques

Le terme climat englobe les conditions météorologiques typiques dans une région spécifique sur une période prolongée. Il couvre divers éléments tels que la température, les précipitations, l'ensoleillement, l'humidité de l'air et la vitesse du vent. Il est également décrit comme l'état moyen de l'atmosphère, tenant compte des facteurs tels que la température, les précipitations et l'humidité à un endroit particulier. Cette considération implique d'observer ces éléments dans leur séquence ou leurs motifs habituels (Fellous, sd).

Il existe cinq grands types de climats : le climat froid, associé à des températures basses sans chaleur estivale et avec des hivers glacials (souvent $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$); le climat tempéré, qui se trouve généralement au bord des océans, entre les tropiques et les cercles polaires caractérisé par des températures modérées; le climat continental, qui se trouve dans l'hémisphère nord, entre les tropiques et les cercles polaires, et à l'intérieur des terres marqué par des variations de température significatives; le climat tropical, connu pour des températures élevées et des précipitations abondantes, et le climat désertique, réputé pour de faibles précipitations et sécheresse (Prasad, sd). La Figure 2.1 illustre les principaux climats sur Terre.

Figure 2.1 Les climats dans le monde
World map of Köppen-Geiger climate classification



Note : classification climatique mondiale Köppen-Geiger. De *Updated world map of the Köppen-Geiger climat classification. Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. Par Peel et al, 2007, comme cité dans CENTER FOR SCIENCE EDUCATIONS (2024).

2.2 Les changements climatiques : impacts globaux et régionaux

Les variations climatiques correspondent à des altérations prolongées des paramètres de température et des schémas météorologiques. Ces changements peuvent découler de facteurs naturels tels que le cycle solaire ou être influencés par les activités humaines. Selon les Nations Unies, l'activité humaine, en particulier la combustion de combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz, est reconnue comme le principal facteur contribuant aux changements climatiques.

« Les changements climatiques sont un phénomène multiscale et se manifestent tant à l'échelle mondiale que régionale et locale. En conséquence, leurs impacts sont hétérogènes et inégaux eu égard aux particularités biophysiques du territoire, de son emplacement géographique et des éléments culturels, sociaux,

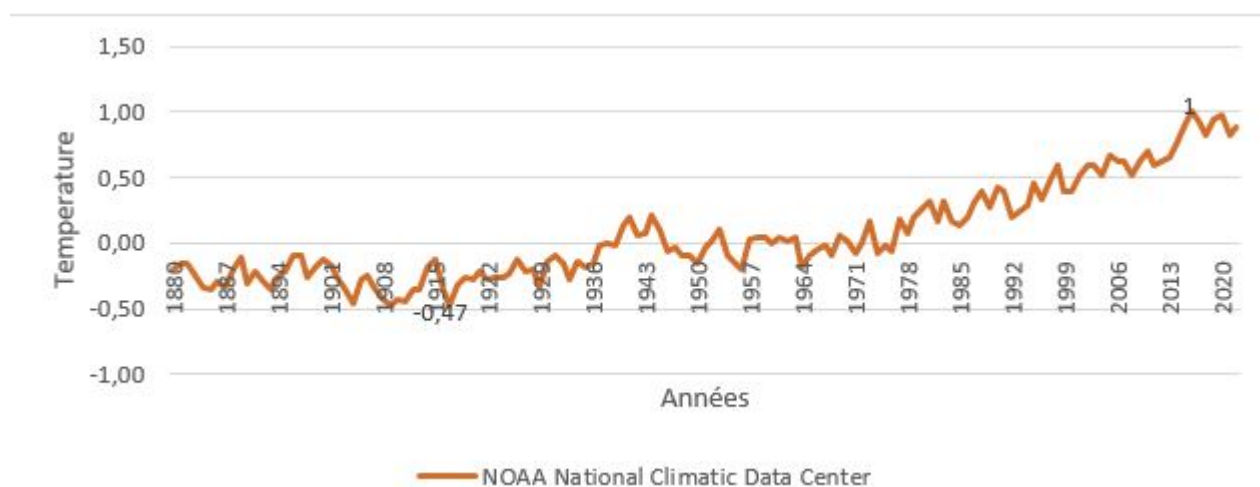
économiques et institutionnels des communautés qui y habitent» (Larivière, 2011). Cette citation met en lumière la raison pour laquelle le sujet du changement climatique a acquis une importance mondiale. Son impact significatif sur la culture et l'économie a des répercussions majeures, notamment dans le secteur de l'assurance.

Selon le rapport d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2021), la hausse des températures et les vagues de froid ; les variations d'humidité et les épisodes de sécheresse ; les inondations ; les glissements de terrain ; les phénomènes venteux ; les cyclones tropicaux ; ainsi que les changements dans les schémas de neige et de glace sont tous des impacts du changement climatique. Ces différents impacts sont non seulement des réalités environnementales, mais aussi des risques majeurs qui sont pris en compte par les compagnies d'assurance dans l'élaboration de leurs politiques de couverture.

2.3 Les principaux indicateurs du changement climatique

Dans cette section, on cherche à détailler les principaux indicateurs du changement climatique. Premièrement, l'un des premiers signes est l'augmentation des températures. En effet, chaque région a un seuil de températures normales et chaque variation qui dépasse le seuil constitue un indicateur de changement climatique.

Figure 2.2 La température de la surface globale

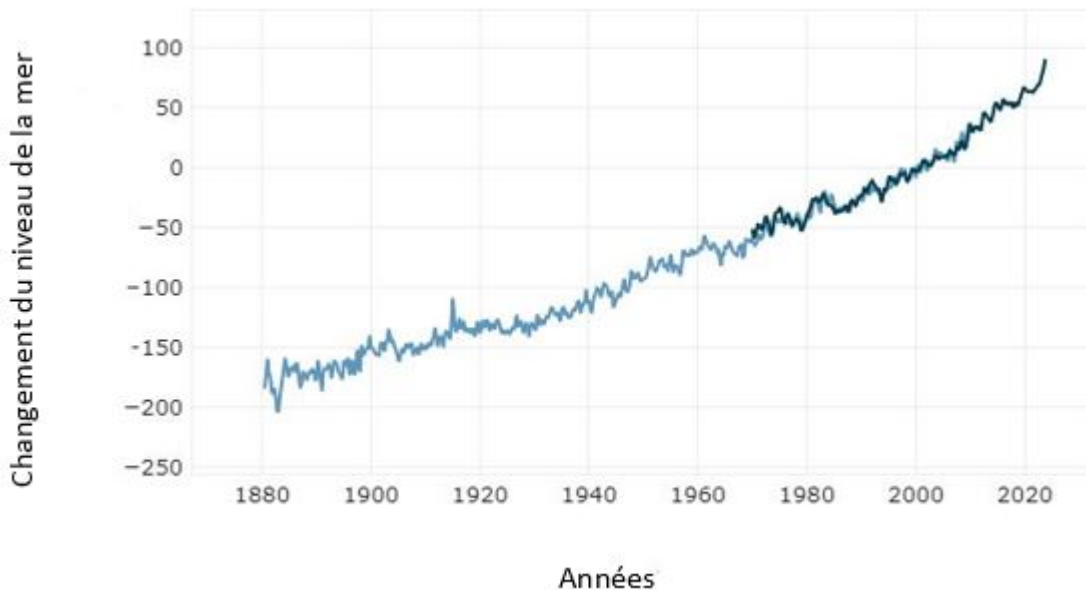


Note. D'après les Données de la Plateforme National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En utilisant la plateforme World Environment Situation Room, qui contient des données interactives sur les tendances du réchauffement climatique, la tendance de la température de la surface a été générée. La

Figure 2.2 montre une tendance à la hausse avec une température maximale de 1 °C entre les années 2016 et 2020 et une valeur minimale de -0,47 °C en 1904.

Figure 2.3 L'élévation moyenne des océans



Note. Élévation Moyenne du Niveau de mer Depuis 1880. Par Lindsey (2022), Climate Change : Global Sea Level. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>

Comme illustré dans la Figure 2.3, il y a une élévation du niveau de la mer sur la période de 1880 à 2021. Cela est interprété comme une conséquence de facteurs tels que la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, l'expansion thermique de l'eau de mer et d'autres changements liés au climat qui contribuent à une augmentation du niveau moyen des océans de la Terre. Cette figure illustre également une variation de 3,5 mm par an. De plus, la tendance semble s'accélérer, avec une augmentation de plus de 5 mm par an en moyenne au cours de la décennie de 2011 à 2021. En 2022, cela a atteint 10,22 cm.

Étant donné que le point de référence utilisé pour générer ces données représente le niveau moyen de la mer sur une période 1993-2008, les valeurs négatives peuvent être interprétées comme une diminution du niveau de la mer par rapport à cette référence.

Les facteurs contribuant à l'élévation du niveau de la mer, ainsi que leur pourcentage de contribution, sont répertoriés dans le tableau 2.1.

Après avoir parlé des variations de température et du niveau de la mer, d'autres indicateurs peuvent être

Tableau 2.1 La Contribution à L'augmentation du Niveau des Océans

Source	Part de contribution
Dilatation thermique de l'eau	42%
Fonte des glaciers continentaux	21%
Fonte des glaciers du Groenland	15%
Fonte des glaciers de l'Antarctique	8%

Note. D'après les Données de Magdelaine (2022), Niveau des mers et océans : augmentation et projections.

<https://www.notreplanete.info/indicateurs/niveau-mer-oceans.php>

énumérés comme suit : la sécheresse, les inondations et les ouragans. La sécheresse est un phénomène caractérisé par le dessèchement des sols. Elle est due à une perturbation du cycle normal des précipitations, entraînant un manque d'eau. Les températures élevées sont également un facteur qui aggrave la sécheresse, indiquant un changement dans le climat. Les inondations sont également un indicateur du changement climatique. Selon une étude de Rentschler et Salhab (2020) couvrant 189 pays, 1,47 milliard de personnes sont exposées au risque d'inondation. Enfin, les ouragans ne sont pas fortement liés au changement climatique, car ils peuvent avoir d'autres causes. Cependant, le changement climatique a un effet sur l'intensité, la fréquence et la durée des ouragans. Cela s'explique à la fois par l'accumulation d'énergie résultant de l'effet de serre et par l'effet des températures élevées sur l'eau, ce qui donne aux ouragans une force dépassant la norme.

2.4 Les causes du changement climatique

Dans cette section, on parle des causes du changement climatique ; il est rare qu'on y évoque celles qui sont naturelles. Selon les experts, l'activité humaine serait la principale cause du phénomène.

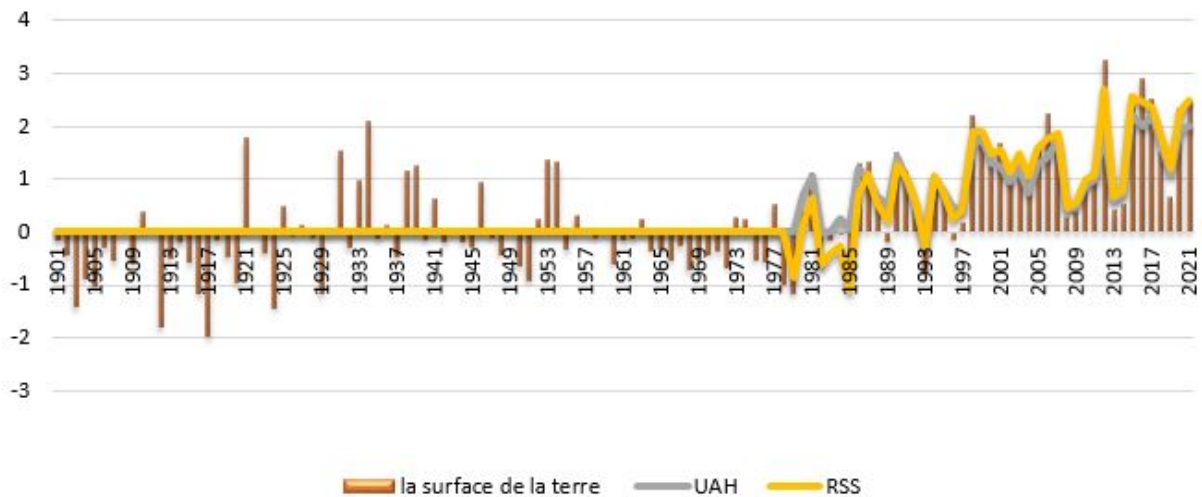
Selon le rapport sur *le changement climatique* (2021), parmi les causes du réchauffement climatique, on trouve les gaz à effet de serre qui ont un impact crucial sur le climat, étant donné que ces gaz proviennent de diverses sources telles que la production d'électricité et de chauffage, qui ne cesse d'augmenter d'année en année. En 2021, la production mondiale d'électricité a atteint 27520,5 TWh, une augmentation de 5,4 % par rapport à l'année 2020. La consommation et la production de carburant pour les transports (voitures, aviation et transport maritime) contribuent aussi au réchauffement climatique. En effet, la production mondiale de pétrole brut en 2021 était de 4221 millions de tonnes. La déforestation est également une contribution significative. La forêt mondiale avait perdu près de 100 millions d'hectares dans le monde sur deux

décennies, passant à 31,2 % (4,1 milliards d'hectares) de la surface terrestre de la Terre en 2020, contre 31,5 % en 2010 et 31,9 % en 2000.

2.5 Statistiques sur les changements climatiques aux États-Unis

Dans cette section, nous tentons de présenter les statistiques de différents indicateurs du changement climatique aux États-Unis. Selon les données fournies par les Centres nationaux d'information sur l'environnement (2023), la température moyenne aux États-Unis a augmenté de 11,03 °C à 11,58°C depuis le début des relevés en 1895, avec la majeure partie de cette hausse survenant après 1970.

Figure 2.4 Évolution de la température aux Etats Units, 1900-2021



Note. D'après les données de NOAA, 2022.

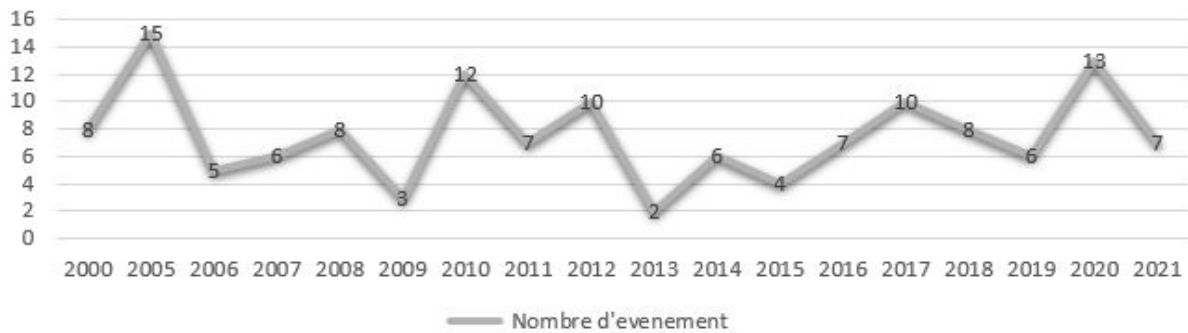
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>

La Figure 2.4 montre l'évolution des températures moyennes annuelles aux États-Unis depuis 1901. La dernière décennie a été témoin des températures les plus élevées jamais enregistrées dans les États-Unis, et cette tendance devrait se poursuivre en raison de l'activité humaine.

Les données de surface proviennent des stations météorologiques terrestres, tandis que les mesures par satellite couvrent la basse troposphère, le niveau le plus bas de l'atmosphère terrestre. L'Université de l'Alabama à Huntsville (UAH) et les Systèmes de Télédétection (RSS) représentent deux méthodes différentes d'analyse des mesures satellitaires. Les valeurs négatives sur la figure indiquent que la température enregistrée est inférieure à zéro degré Celsius (°C), signalant que l'endroit spécifique a connu une période de

froid intense où la température est tombée en dessous du point de congélation.

Figure 2.5 Nombre d'ouragans aux États-Unis, 2000-2021



Note. Institut D'information sur L'assurance à Partir des Données Fournies par le Département du Commerce des États-Unis, l'Administration Nationale des Océans et de L'atmosphère et le Centre National des Ouragans. <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-hurricanes>

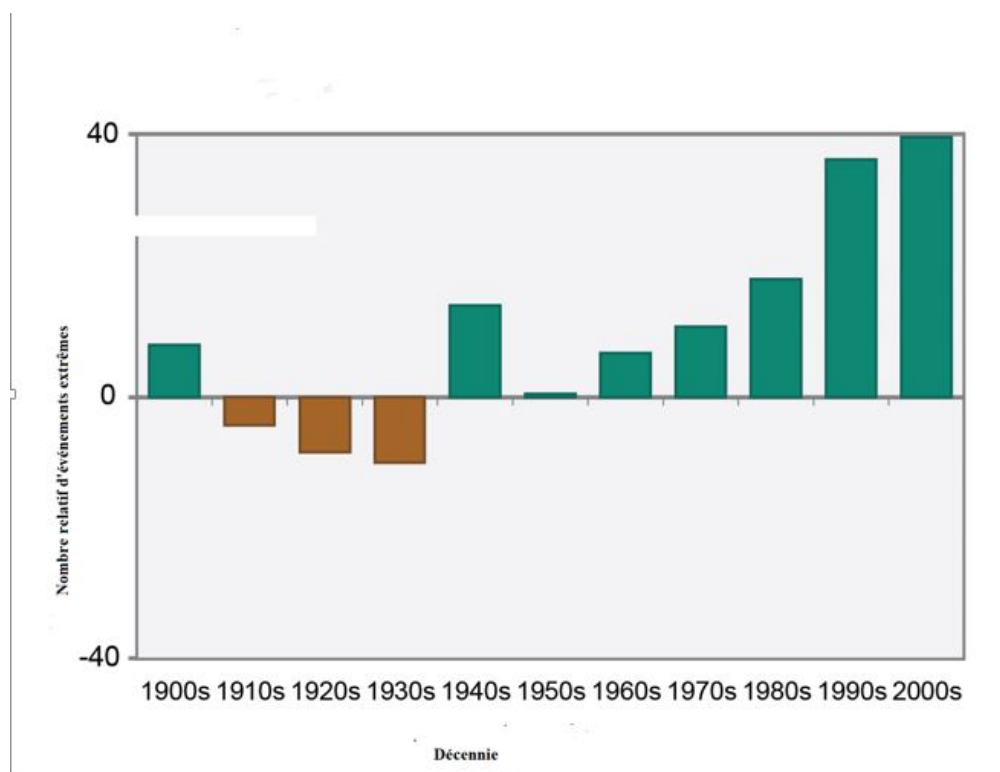
L'intensité, la fréquence et la durée des ouragans de l'atlantique nord, ainsi que la fréquence des ouragans les plus violents, ont toutes augmenté depuis le début des années 1980 figure2.5. L'intensité relative des ouragans de l'Atlantique Nord a augmenté de manière significative.

Selon l'institut des informations des assurances (2022), tant la fréquence que l'intensité des tempêtes ont augmenté au début des années 1950, entraînant des pertes assurées de 6 milliards de dollars en 2022 et un montant de 3,5 milliards de dollars de pertes assurées causées par des tempêtes hivernales comprenant neige, glace, gel et inondations. De plus, au cours des trois dernières décennies, les précipitations importantes ont augmenté à l'échelle nationale, les augmentations les plus significatives étant observées dans le Centre-Ouest et le Nord-est. Des augmentations des précipitations extrêmes sont projetées pour toutes les régions des États-Unis. La Figure 2.6 suivante illustre l'augmentation des précipitations importantes aux États-Unis de 1990 à 2021, où les précipitations les plus abondantes sont devenues plus fréquentes.

La Figure 2.6 montre que la quantité de pluie tombant a augmenté au cours des dernières décennies, dépassant de plus de 30% la moyenne de 1900-1960.

De nombreux chercheurs ont rapporté que le changement climatique aura un impact direct sur les régions, notamment des changements de température et de niveau de la mer, des phénomènes météorologiques

Figure 2.6 Les précipitations les plus fortes aux États-Unis, 1990-2000

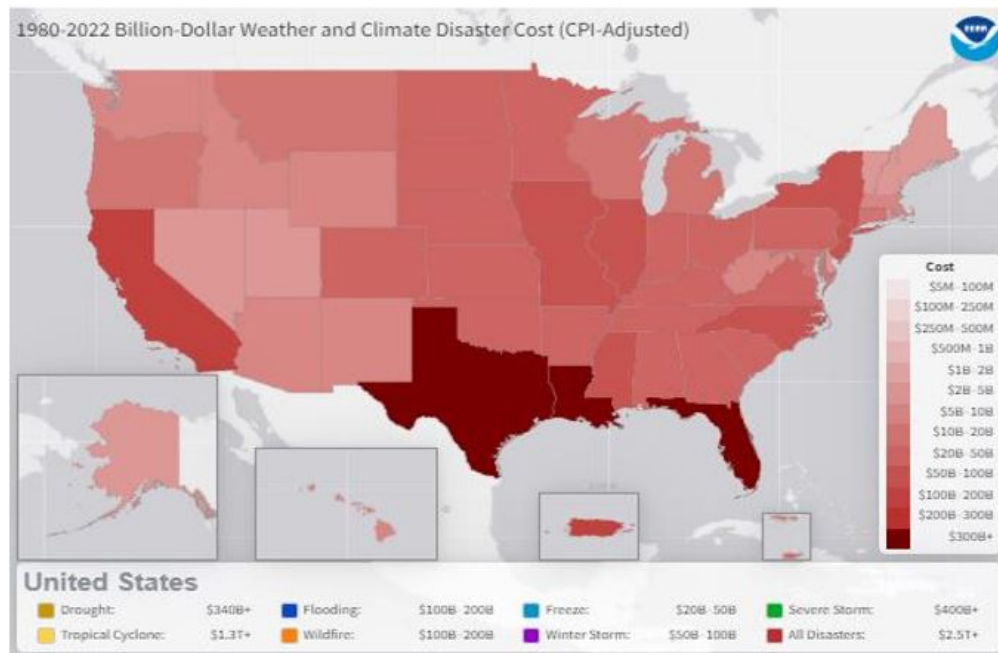


Note. D'après les Données du Le Troisième Rapport National sur le Climat, Tendances Observées aux États-Unis en Matière de Fortes Précipitations. Adapté de : Suivi et compréhension des Tendances des Tempêtes Extrêmes : État des Connaissances. <http://nca2014.globalchange.gov/highlights/report-findings/extreme-weather-intro-section>

extrêmes et des modifications des précipitations (Fu, 2011). Par conséquent, on s'attend à ce que le temps change au fil des années dans certaines régions en raison de ces effets. Selon le rapport de *l'Évaluation nationale du climat* par Melillo *et al.* (2014), on a observé que les régions du Nord-Est sont désormais confrontées à des vagues de chaleur et à des événements de précipitations inhabituels par rapport à ce qui était généralement observé dans cette région, notamment des inondations principalement dans les zones côtières en raison de l'élévation du niveau de la mer. De plus, les régions du Sud-Est et des Caraïbes souffrent d'une pénurie d'eau et font face à un risque accru d'ouragans. De même, l'augmentation des températures dans les Grandes Plaines, le Sud-Ouest, Hawaï et les îles du Pacifique conduit à une pénurie d'approvisionnement en eau et en énergie, ce qui aura un impact considérable sur l'agriculture dans ces régions. En ce qui concerne l'Alaska, les changements dans cette région, tels que le dégel du pergélisol et le rétrécissement des glaciers, ont des conséquences majeures sur les écosystèmes.

En utilisant les statistiques sommaires de la NOAA, sur toute la période allant de 1995 jusqu'à 2020, les États-Unis enregistrent 251 évènements avec un moyen de 9,7 par année, illustré dans la Figure 2.7, et une perte de 1824,5 milliards de dollars et 11 008 morts. Entre 1995 et 2020, 15 évènements de catastrophe d'un milliard de dollars liés aux incendies de forêt, 21 à la sécheresse, 42 aux cyclones tropicaux, 129 aux tempêtes violentes, 28 aux inondations, 12 aux tempêtes hivernales et quatre au gel ont touché les États-Unis.

Figure 2.7 Fréquence des catastrophes naturelles aux États-Unis.



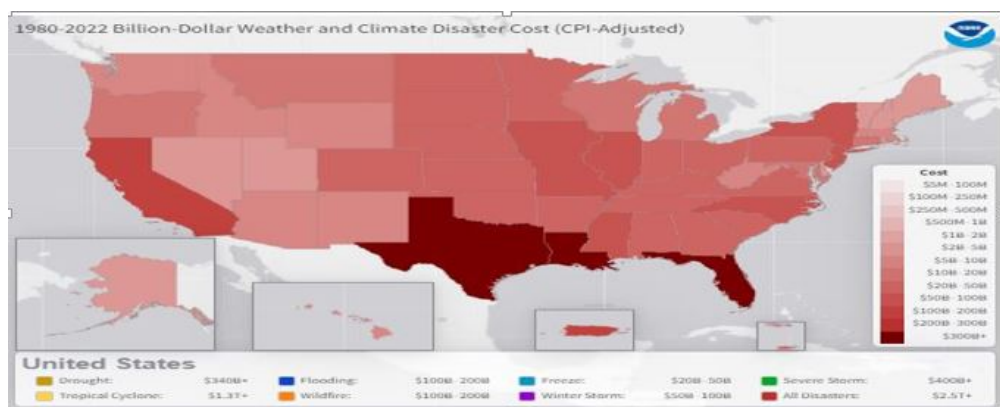
Note. D'après Le NOAA, Coût et fréquence des catastrophes.

<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/risk>

En termes de pertes et de dommages causés par les catastrophes naturelles pour l'ensemble de la période d'étude de 1995 à 2020, la Figure 2.8 illustre les pertes par État. En fait, chaque région géographique des États-Unis fait face à un ensemble particulier de risques météorologiques et climatiques. Selon la Figure 2.8, les régions du sud, du centre et du sud-est des États-Unis ont connu la fréquence la plus élevée de catastrophes naturelles et le coût le plus élevé, atteignant des milliards de dollars.

Les variables issues de cette partie sont les sinistres par État, le tableau 2.2 montre la valeur moyenne des pertes enregistrées par État, en moyenne on trouve en Alabama, North Carolina, Florida, Louisiana et au Texas sont les États avec les pertes les plus importantes.

Figure 2.8 Coût des désastres aux États-Unis 1980-2022 en Milliard de Dollars



Note. D'après Le NOAA, Coût et fréquence des catastrophes.

<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/risk>

Tableau 2.2: Les pertes moyennes dans chaque État en milliards de dollars (1995-2020).

État	Sinistre	État	Sinistre	État	Sinistre
Alabama	335	New Hampshire	150	Nevada	113
Louisiana	306	Indiana	148	Nebraska	109
North Carolina	304	North Dakota	147	South Dakota	105
Mississippi	285	Minnesota	146	Oregon	102
Florida	270	Kansas	141	New Jersey	103
Georgia	265	Rhode Island	140	Wisconsin	97
Texas	236	Oklahoma	137	Washington	94
Tennessee	213	Montana	134	Michigan	82
Kentucky	207	California	132	Vermont	71
Virginia	198	Colorado	132	Maine	30
Pennsylvania	185	Arizona	130	Alaska	35
South Carolina	184	Connecticut	128	Dist. of Columbia	0

Suite à la page suivante

Tableau 2.2 – Suite de la page précédente

État	Sinistre	État	Sinistre	État	Sinistre
Maryland	183	Arkansas	127	Hawaii	0
Delaware	176	Massachusetts	126		
Ohio	165	Wyoming	123		
New York	165	Iowa	122		
Missouri	164	West Virginia	122		
Illinois	157	Idaho	117		
Utah	154	New Mexico	113		

Note. À partir des différents rapports de NAIC couvrant la période de 1995 à 2020.

Le Blockbuster, deuxième variable de cette étude, est défini comme l'ensemble des catastrophes naturelles présentant un risque élevé de dommages. Cette variable représente le nombre d'événements catastrophiques majeurs survenus dans l'État au cours d'une année particulière. Le tableau 2.3 présente les événements catastrophiques les plus importants sur l'ensemble de la période d'étude, et nous avons choisi les catastrophes ayant causé des pertes supérieures à 1 milliard de dollars en valeur réelle accompagnées des valeurs ajustées sur l'Indice de Prix à la Consommation 2023.

Tableau 2.3: Liste des catastrophes les plus importantes aux États-Unis 1995-2021

Date	Péril	Montant de la perte (en MD/usd)	États affectés
oct-95	Ouragan Opal	4.7(9.4)	AL,CA,FL,GA,MS,NC,SC,TN,TX,LA
Sept-96	Ouragan Fran	5(9.8)	NC,VA,TX,OK
Jan-97	Inondation sur la côte ouest	3(5.8)	CA,ID,MN,MT,NE,NV,ND,OR,SD,WA
Sep-98	Ouragan Gerogie	6(11.3)	AL,FL,LA,MS

Suite à la page suivante

Tableau 2.3 – Suite de la page précédente

Date	Péril	Montant de la perte (en MD/usd)	États affectés
Juin-99	Sécheresse vague de chaleur à l'est	2.5(4.7)	AL,AR,FL,GA,KY,LA,MD,MS,NC NJ,OH,SC,TN,VA,WA,PA
sept-99	Ouragan Flyod	6.5(11.9)	SC,VA,MD,PA,NY,NJ,DE,RI,CT MA,NH,VT
OCT-00	Sécheresse vague de chaleur ouest/centre/sud-est	5(9.1)	AL,AZ,AE,CA,CO,FL,GA,KS,LA, MS,MT,NE,NM,OK,OR,SC,TN,TX
JUIN-01	tempête tropicale allison	8.5(14.7)	FL,LA,GA,MS,NC,NJ,PA,SC,TX
AVR02	tempête tropicale	1.3(2.2)	GA,MS,LA,SC,NC,VA ,WA,MD,TN,KY,OH,DE,NJ,PA,NY
SEPT-03	Ouragan Isabel	5.5(9.1)	DE,MD,NJ,NC,PA,VA,WA
AOUT-04	Ouragan Charley	16(25.9)	FL,SC,NC
SEPT-04	Ouragan frances	9.8(15.9)	GA,SC,NC,NY
SEPT-04	Ouragan Ivan	20.5(33.2)	GA,MS,LA,SC,NC,VA,WA,MD,TN KY,OH,DE,NJ,PA,NY
AOUT-05	Ouragan Katrina	125(195)	AL,MS,FL,TN,KY,IN,OH,GA
SEPT05	Ouragan Wilma	19(29.3)	FL
OCT-05	Ouragan Rita	18.5(28.5)	AL,MS,LA,TX
SEPT-08	Ouragan Ike	30(42)	TX,LA,AR,TN,IL,IN,KY,MO OH,MI,VT
SEPT-08	Ouragan Gustave	6(8.4)	AL,AR,LA,MS
AOUT-11	Ouragan Irene	12(16.6)	NC,VA,MD,NJ,NY,CT, RI,MA,VT
OCT-12	Ouragan Sandy	65(86.5)	MD,DE,NJ,NY,CT,MA,RI
OCT-16	Ouragan Mathew	10(12.7)	FL,SC,NC
SEPT-17	Ouragan maria	90(111.6)	LA

Suite à la page suivante

Tableau 2.3 – Suite de la page précédente

Date	Péril	Montant de la perte (en MD/usd)	États affectés
SEPT-17	Ouragan Irma	50(62)	FL
aout-17	Ouragan Harvey	125(155)	TX
spt-18	Ouragan Florence	24(29.3)	SC,NC
OCT-18	Ouragan Micheal	25(30.2)	FL
SEPT-19	tempête tropicale Imelda	5(6)	TX
NOV-20	Ouragan Eta	1.5(1.7)	FI
oct-20	Ouragan Zeta	4.4(5.1)	LA,AL,NC,GA

Note. À partir des différents rapports de NAIC couvrant la période de 1995 à 2021.

Ce chapitre nous a permis de mettre en exergue les concepts du changement climatique et les différentes statistiques des catastrophes naturelles à savoir les coûts et la fréquence des désastres pour une période allant du 1995 jusqu'à 2020 sur tous les États. Ces données font partie des variables utilisées dans la partie empirique pour voir l'impact des coûts de désastres et la fréquence sur la prime d'assurance et le nombre d'entreprises dans chaque État. Dans le chapitre suivant, nous présentons la seconde partie de l'étude, qui porte sur le secteur américain des assurances. Nous présentons ensuite les données relatives à ce secteur et les variables utilisées dans la partie empirique.

CHAPITRE 3

MARCHÉ DES ASSURANCES AUX ÉTATS-UNIS

Les changements climatiques représentent un défi pour le secteur de l'assurance en raison de l'incertitude inhérente à la prédiction et à l'anticipation des catastrophes naturelles. Par conséquent, le secteur de l'assurance joue un rôle crucial dans la gestion des risques climatiques. Ainsi, ce chapitre vise à définir le secteur de l'assurance et ses aspects, les principaux indicateurs de performance, ainsi que les données des variables utilisées dans la partie empirique.

3.1 Principes de l'assurance

L'assurance est un contrat dans lequel un assureur s'engage à verser à l'assuré, moyennant une prime, une somme convenue au moment de la survenance d'un événement défini (sinistre). Certains types de risques ne sont pas considérés comme étant assurables, comme ceux pour lesquels la prestation de l'assurance serait illégale ou contraire à l'ordre public. Un risque doit généralement répondre à cinq conditions préalables afin d'être commercialement assurable.

Un risque idéal peut être défini comme ayant un grand nombre d'unités d'exposition homogènes; une indépendance entre les unités d'exposition; une perte attendue calculable en valeurs monétaires; une perte inattendue; une faisabilité économique; l'évitement du potentiel catastrophique (Schmit, 1986, p. 321). Ainsi, la compagnie d'assurance doit travailler avec un nombre considérable d'assurés afin de prédire le nombre moyen de pertes en utilisant la loi des grands nombres. De plus, les unités assurées doivent être indépendantes et présenter un risque identique ou similaire. Les montants des pertes doivent être fréquents et suffisamment importants pour permettre le calcul de taux équitables pour tous les assurés. La perte doit être un événement aléatoire sur lequel l'assuré n'a aucun contrôle, et toutes les pertes intentionnelles causées par l'assuré ne sont pas assurables. Enfin, la prime doit être inférieure au montant total de la police d'assurance.

3.2 Secteur des assurances aux États-Unis

Chaque industrie de l'assurance aux États-Unis est soumise à une réglementation particulière en fonction de l'État concerné. Ainsi, chaque État élabore ses propres règles. Un grand nombre d'entreprises diverses

opèrent dans un environnement dynamique et complexe. De manière cruciale, le processus de prise de décision est réparti entre ces entreprises, indiquant une structure décentralisée plutôt que centralisée. Les compagnies d'assurance sont tenues de respecter les réglementations établies par le gouvernement, à savoir, être enregistrées et obtenir l'approbation des autorités locales. Par conséquent, tout changement ou expansion des activités vers un autre État nécessite la soumission d'une nouvelle demande d'approbation et la prise en compte des variations législatives d'un État à un autre (Beers, 2023).

Selon le magazine Atlas (2023), la protection du consommateur, l'octroi de licences aux assureurs, la réglementation et la vérification des comptes dépendent d'organes de supervision, au nombre de 56 en janvier 2021. De plus, le Federal Insurance Office (FIO), le Federal Advisory Committee on Insurance (FACI) et la Nationale Association of Insurance Commissioners (2020) (NAIC) jouent un rôle essentiel au niveau fédéral. Le FIO, placé sous l'égide du département du Trésor, est chargé, entre autres, de repérer des lacunes dans la réglementation, d'analyser les données recueillies auprès de l'industrie de l'assurance et des assureurs, et d'apporter son assistance au programme d'assurance contre les risques liés au terrorisme. La mission principale du FACI est de formuler les recommandations nécessaires et d'apporter une assistance au FIO dans l'exercice de ses fonctions. La NAIC est l'organisme chargé de soutenir les organes de supervision et d'assurer l'harmonisation des activités d'assurance.

Aux États-Unis, les entreprises d'assurance sont regroupées en trois types distincts principaux : Les sociétés d'assurance locales sont des compagnies qui opèrent dans l'État où elles sont domiciliées (c'est-à-dire qu'elles mènent leurs activités dans le même État où elles sont établies). En revanche, les compagnies d'assurances étrangères sont des entreprises d'assurances américaines qui sont domiciliées dans un État autre que celui où elles exercent leurs activités. En d'autres termes, ces sociétés sont basées dans un État, mais elles fournissent des services d'assurance dans un autre État. ; ainsi que les entreprises étrangères, qui sont entièrement étrangères et exercent des activités aux États-Unis (Atlas, 2023). La base de données utilisée dans cette recherche ne couvre que les entreprises locales opérant aux États-Unis.

3.3 Assurance multirisque habitation

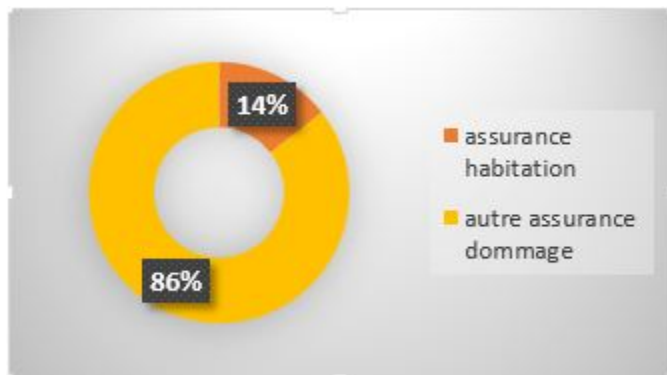
Notre principal axe d'étude dans le cadre des différents types de produits d'assurance est l'assurance habitation, car elle couvre les assurés en cas de dommages causés par une catastrophe naturelle. Dans cette section, nous présentons une définition de l'assurance habitation ainsi que ses caractéristiques clés. De plus, des données sont fournies concernant la part des primes d'assurance habitation par rapport aux primes to-

tales, son évolution, et des informations sur les compagnies d'assurance avec les primes les plus élevées.

La police d'assurance habitation est une nécessité, car elle offre une couverture pour les dommages à l'intérieur et à l'extérieur d'une résidence individuelle et commerciale en cas d'événements inattendus. L'assuré sera financièrement protégé en cas de pertes. Selon le rapport *the Dwelling Fire, Homeowners Owner Occupied, and Homeowners Tenant and Condominium/Cooperative Unit Owner's Insurance Report (2022)*, il existe huit principaux types de polices d'assurance habitation, énumérés comme suit : HO-1 ou couverture contre un péril comme le feu, la foudre; HO-2 ou la forme plus étendue du HO-1 incluant des garanties comme les biens personnels et les paiements médicaux; HO-3 et HO-5 ou les polices tous risques sont les plus couramment utilisées, car elles couvrent l'assuré contre tous les accidents et catastrophes courants comme les tremblements de terre, les pannes de courant, les inondations, etc.; HO-4 ou assurance du locataire; HO-6 qui couvre toutes les rénovations dans le condo après l'achat, les dépenses personnelles et les paiements médicaux... etc.; HO-7 ou la couverture tous risques pour les maisons mobiles; et la HO-8 qui fournit une couverture pour les maisons affectées par les changements de valeur marchande. Les données de cette étude étaient basées sur les types de polices ultérieurs pour étudier l'effet du changement climatique sur les primes d'assurance habitation.

L'assurance habitation représente 14,5 % du total des primes d'assurance dommages de l'année 2019 et 27,3 % des primes d'assurance des particuliers (figure 3.1). Selon l'Institut d'information sur les assurances, bien que 93 % des propriétaires aux États-Unis souscrivent une assurance habitation, le type d'assurance choisi ne protège parfois pas adéquatement (une assurance tous risques) leurs biens en cas de perte catastrophique majeure.

Figure 3.1 Primes d'assurance habitation en pourcentage de l'ensemble des primes d'assurance multirisque, 2019



Note. D'après les Données de Insurance Fact Book (2021), Homeowners Premiums As A Percent Of All P/C Premiums, 2019.

Le tableau 3.1 suivant présente l'évolution des primes nettes de l'assurance habitation au cours des dix dernières années, exprimées en valeur nominale. Les chiffres montrent une progression constante, avec un taux de variation moyen de 4,77 %. Toutefois, il faut noter que cette analyse ne prend pas en compte l'augmentation de la population et de la valeur des maisons. L'objectif principal du tableau est de fournir une vue d'ensemble de l'évolution de cette variable utilisée dans la partie empirique de l'étude, en mettant en évidence les variations des primes au fil du temps, sans considérer d'autres facteurs.

Tableau 3.1 Primes nettes de l'assurance habitation 2010-2019(primes totales)

Année	Primes nettes	Variation annuelle(%)
2010	61 659 466 000,00	5,4
2011	64 131 058 000,00	4
2012	67 847 033 000,00	5,8
2013	72 773 216 000,00	7,3
2014	77 914 406 000,00	7,1
2015	79 931 345 000,00	2,6
2016	81 191 458 000,00	1,6
2017	82 811 254 000,00	2
2018	88 938 451 000,00	7,4
2019	92 965 248 000,00	4,5

Note. D'après les Données de Insurance Fact Book (2021), Homeowners Multiple Peril Insurance, 2010-2019.

Plus de 60 % du marché des assurances habitation sont assurés par les dix compagnies d'assurance présentées dans le tableau 3.2, où State Farm occupe la première place (18 %) suivie par Allstate Corp et USAA Insurance Group (respectivement 8,4 % et 6,6 %).

Tableau 3.2 Les 10 principales entreprises d'assurances habitation en termes de primes directes émises en 2019.

Rang	Groupe/ Entreprise	Primes nettes	Part du marché
1	State Farm	18 685 957,00	18,0
2	Allstate Corp	8 723 238,00	8,4
3	USAA Insurance Group	6 835 804,00	6,6
4	Liberty Mutual	6 745 864,00	6,5
5	Farmers Insurance Group of Companies	5 943 814,00	5,7
6	Travelers Companies Inc	4 240 933,00	4,1
7	American Family Insurance Group	4 057 499,00	3,9
8	Nationwide Mutual Group	3 244 683,00	3,1
9	Chubb Ltd.	2 989 474,00	2,9
10	Erie Insurance Group	1 746 390,00	1,7
	Totale	63 213 656,00	60,9

Note. D'après les Données de NAIC (2020), Top 10 Writers Of Homeowners Insurance By Direct Premiums Written, 2019. <https://www.iii.org/table-archive/21134>

Le tableau 3.3 présente la prime moyenne dans chaque État, exprimée en valeur nominale. Cette variable sera utilisée dans la partie empirique comme variable explicative dans l'ensemble des régressions et comme variable endogène dans la régression des primes d'assurance. Le tableau nous permet de visualiser la prime moyenne dans chaque État. La Californie, le Texas et Hawaï occupent les premières places avec des primes annuelles de 5307,475 millions de dollars, 4352 millions de dollars et 3852 millions de dollars respectivement.

Tableau 3.3: La prime moyenne dans chaque État 1995-2020 en millions de dollars

État	Prime	État	Prime	État	Prime
California	5307	Alabama	998	West Virginia	269
Texas	4756	Louisiana	972	Utah	262

Tableau 3.3: La prime moyenne dans chaque État 1995-2020 en millions de dollars

État	Prime	État	Prime	État	Prime
Hawaii	4352	Maryland	952	New Hampshire	256
Florida	4188	Washington	869	Maine	225
New York	2571	Oklahoma	861	South Dakota	222
Tennessee	1877	Arizona	835	Montana	197
Illinois	1839	Connecticut	757	Vermont	176
Pennsylvania	1797	South Carolina	690	North Dakota	166
Georgia	1639	Wisconsin	691	Idaho	159
Michigan	1502	Kansas	651	Delaware	126
Ohio	1500	Oregon	591	Alaska	103
Massachusetts	1386	Kentucky	565	Wyoming	85
North Carolina	1310	Mississippi	491	Dist. of Columbia	1
New Jersey	1285	Iowa	440		
Virginia	1148	Arkansas	408		
Colorado	1141	New Mexico	395		
Minnesota	1093	Nebraska	390		
Missouri	1054	Nevada	309		
Indiana	1028	Rhode Island	298		

Note. À partir des différents rapports de NAIC couvrant la période de 1995 à 2020.

Tableau 3.4 présente une autre variable de cette étude, le nombre d'entreprises offrant une police d'assurance habitation dans chaque état. Ce tableau classe les États en fonction du nombre d'entreprises qui proposent ce type d'assurance. New York, la Floride et le Texas occupent les premières positions (respectivement 560, 504 et 468).

Tableau 3.4: Le nombre moyen d'entreprises par État pour la période de 1995 à 2020.

État	Nombre moyen d'entreprise	État	Nombre moyen d'entreprise	État	Nombre moyen d'entreprise
New York	560	Nebraska	108	Alabama	53
Florida	504	New Jersey	108	Mississippi	53
Texas	468	South Carolina	104	New Hampshire	52
Illinois	396	Hawaii	103	Kansas	50
Wisconsin	358	Georgia	102	South Dakota	46
Vermont	334	Oklahoma	93	Montana	40
Arizona	303	North Carolina	92	North Dakota	40
Pennsylvania	293	Massachusetts	89	Rhode Island	32
Ohio	257	Utah	83	Maine	26
Missouri	223	Tennessee	82	West Virginia	25
Iowa	216	Oregon	80	New Mexico	24
California	182	Maryland	75	Idaho	20
Indiana	174	Nevada	70	Alaska	8
Minnesota	162	Arkansas	66	Wyoming	5
Delaware	149	Colorado	64	Dist. of Columbia	3
Michigan	143	Virginia	64		
Louisiana	133	Kentucky	63		
Connecticut	115	Washington	56		
Connecticut	115	Washington	56		

Note. À partir des différents rapports de NAIC couvrant la période de 1995 à 2020.

3.4 Statistiques du marché des assurances aux États-Unis

Dans cette section, nous présentons les principaux indicateurs du marché de l'assurance aux États-Unis, notamment le taux de pénétration, la densité d'assurance, les primes d'assurance pour tous les secteurs d'assurance, et l'évolution du nombre total d'assureurs pour tous types d'assurance

Dans le tableau 3.5, les indicateurs de performance sont répertoriés afin de suivre l'évolution de leurs valeurs au cours des trois dernières décennies. En analysant le taux de pénétration de l'assurance et la densité du marché par rapport au PIB, la performance du secteur des assurances aux États-Unis peut être évaluée, car ces critères sont prédominants pour évaluer l'évolution du marché de l'assurance dans un pays donné. Le taux de pénétration de l'assurance pour un pays donnée est calculé en exprimant le total des primes d'assurance en pourcentage du PIB du pays, indiquant dans quelle mesure le secteur de l'assurance contribue à l'économie nationale, selon le tableau, le marché affiche un taux de pénétration de 10,11 %. La densité de l'assurance est le calcul du volume des primes par habitant dans un pays donné. Exprimée en dollars, elle indique combien chaque habitant dépense en moyenne en assurance. Selon le tableau, le marché affiche une valeur de densité moyenne de 4558 USD. Le tableau montre aussi que l'assurance dommages représente 60 % du chiffre d'affaires total toutes branches confondues (vie et non-vie).

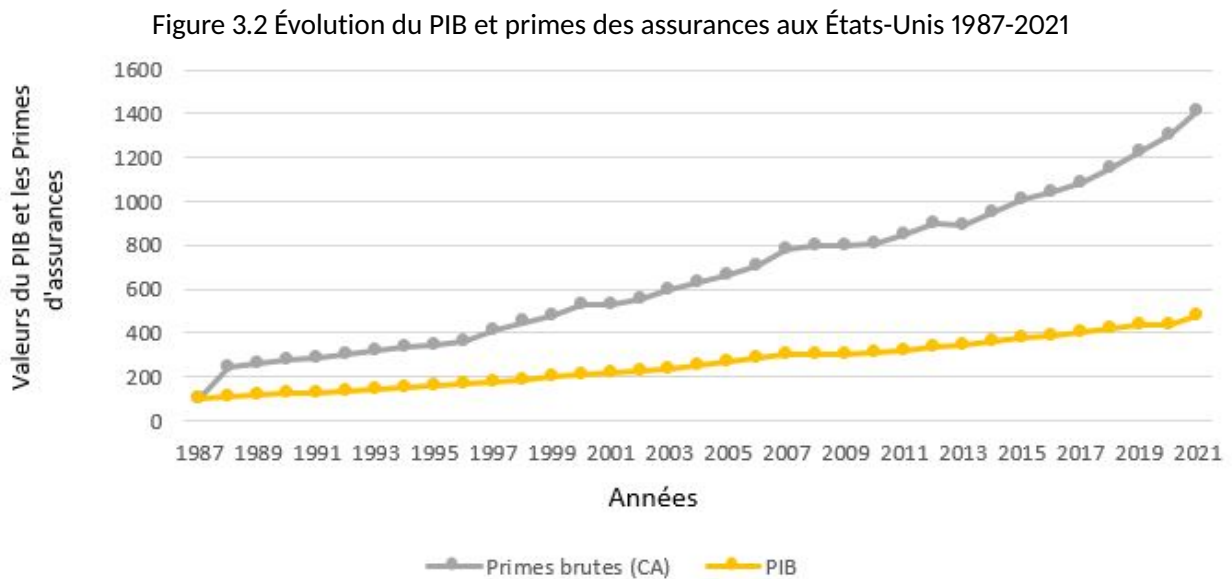
Tableau 3.5: Principaux indicateurs du marché de l'assurance aux États-Unis, de 1987 à 2021.

Unité en M\$	1987-1999	2001-2010	2011-2021
PIB	7 038 850	12 823 775	18 992 330
Total des primes vie et non vie	645 259	1 350 292	2 161 416
Total des primes vie	251 791	516 376	854 027
Total des primes non vie	393 468	833 916	1 307 390
Taux de pénétration de l'assurance	9.35%	10%	11%
Densité du marché	2454 USD	4541 USD	6680 USD

Note. D'après les Données de L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD).
<https://stats.oecd.org/?lang=fr>

La Figure 3.2 présente les primes d'assurance et le PIB sur l'ensemble de la période d'étude, illustrant une progression constante (les chiffres sont indexés à 100 pour l'année 1987). Le secteur des assurances, selon

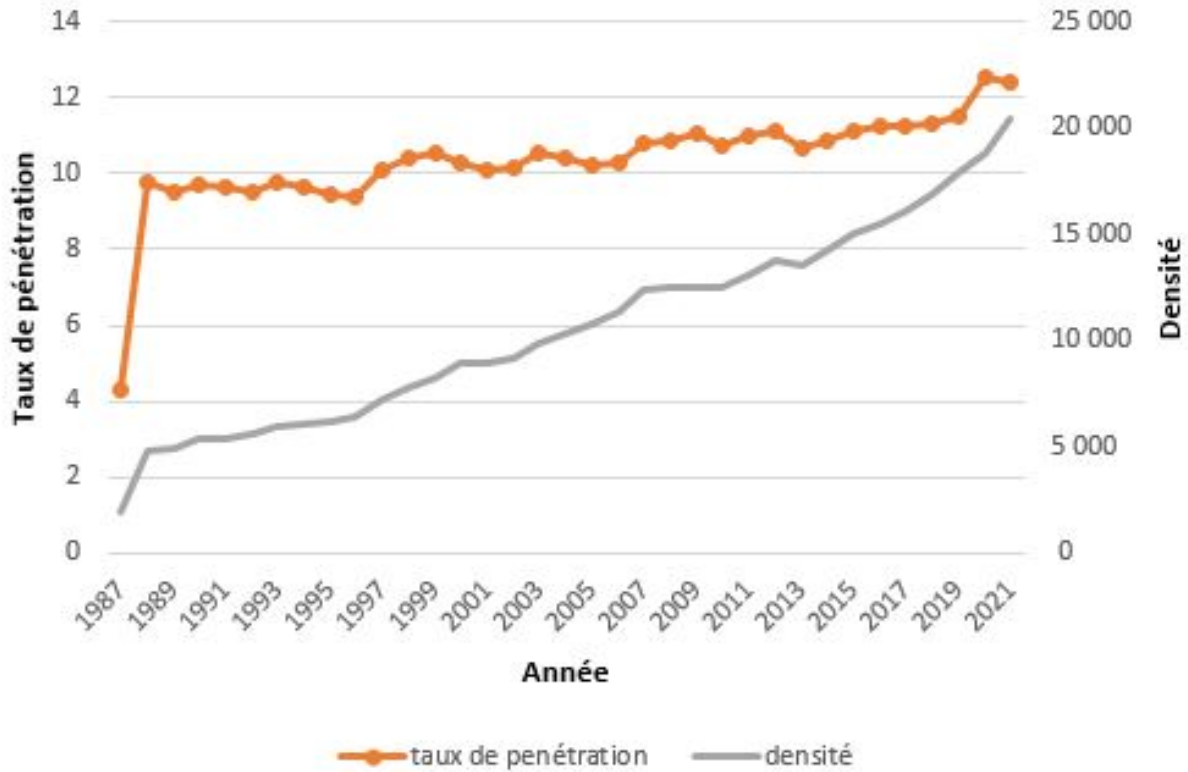
l'indicateur de taux de pénétration, contribue de manière substantielle au PIB des États-Unis, affichant une moyenne de 10,11% pour la période 1987-2021, dépassant la moyenne mondiale de 7%. Un second indicateur du marché est la densité d'assurance, représentant le montant des primes d'assurance par habitant. La Figure 3.3 offre une représentation de l'évolution des deux indicateurs du marché, à savoir la densité d'assurance (ajuster à l'inflation) et le taux de pénétration. Les deux graphiques révèlent une augmentation significative sur l'intégralité de la période. Il convient de noter que le Tableau 3.5 a été utilisé comme base pour générer la Figure.



Note. D'après les Données de L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD).

<https://stats.oecd.org/?lang=fr>

Figure 3.3 Évolution du taux de pénétration et de la densité d'assurance de 1987 à 2021.



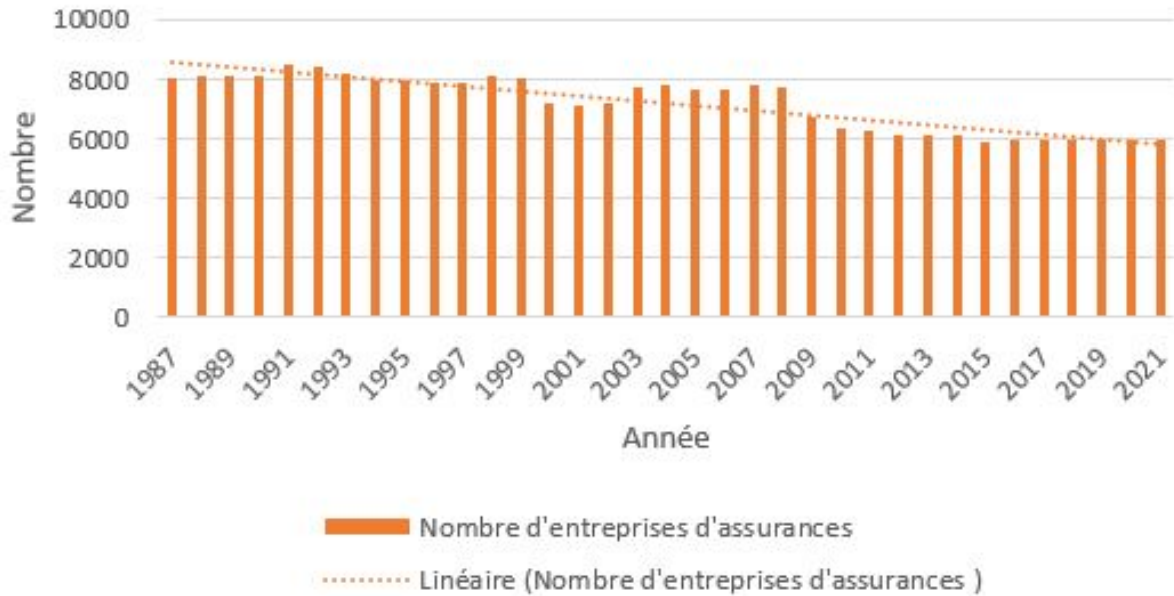
Note. D'après les Données de L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD).
<https://stats.oecd.org/?lang=fr>

Les sociétés d'assurance opérant sur le territoire américain constituent l'une des variables examinées dans cette étude afin d'évaluer l'impact des catastrophes sur ces entreprises (le nombre par État est présenté dans la section antérieure). La figure 3.4 illustre la trajectoire temporelle du nombre d'entreprises aux États-Unis sur l'ensemble de la période d'étude et sur l'intégralité du territoire américain.

En 2021, le secteur de l'assurance recense 5978 compagnies d'assurances locales au sein des États-Unis. L'État de New York compte le plus grand nombre (560), suivi par la Floride (504), le Texas (468) et l'Illinois (334).

En ce qui concerne la prime d'assurance habitation, on observe une augmentation annuelle du prix moyen. Le Tableau 3.6 présente la valeur moyenne de la prime d'assurance, accompagnée du taux de variation, ainsi que le taux d'inflation aux États-Unis, offrant ainsi une perspective comparative des évolutions tarifaires. L'augmentation des primes d'assurance est influencée par l'état de l'économie, tel que le revenu disponible

Figure 3.4 Nombre d'entreprises d'assurances aux États-Unis de 1987 à 2021



Note. Évolution du nombre d'entreprises d'assurances aux États-Unis, de 1987 à 2021, collectée à partir de différents rapports de la NAIC Dwelling Fire, Homeowners Owner-Occupied, and Homeowners Tenant and Condominium/ Cooperative Unit Owner's Insurance Report : 1987-2021.

des ménages, le taux de chômage ou les fluctuations du marché financier. De plus, le changement climatique peut entraîner une augmentation des sinistres assurés, notamment en raison de phénomènes météorologiques extrêmes tels que les tempêtes, les ouragans et les inondations, ce qui peut également influencer les tarifs d'assurance.

Tableau 3.6: Primes moyennes pour l'assurance habitation, 2008 à 2021

Année	PRIME D'ASSURANCE	VARIATION EN%	Taux d'inflation%
2008	830	1	3,84
2009	880	6	-0,36
2010	909	3,3	1,64
2011	979	7,7	3,16
2012	1034	5,6	2,07
2013	1096	6	1,46
2014	1132	3,3	1,62

Tableau 3.6: Primes moyennes pour l'assurance habitation, 2008 à 2021

Année	PRIME D'ASSURANCE	VARIATION EN%	Taux d'inflation%
2015	1173	3,6	0,12
2016	1192	1,6	1,23
2017	1211	1,6	2,13
2018	1249	3	2,44
2019	1272	1,8	1,81
2020	1311	2,97	1,23

Note. D'après les Données de L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD).
<https://stats.oecd.org/?lang=fr>.

En ce qui concerne les sinistres enregistrés dans le cadre de l'assurance habitation, le Tableau 3.7 expose la fréquence des sinistres pour chaque tranche de 100 polices d'assurance au cours d'une année d'assurance, accompagnée du montant moyen payé par sinistre. Ces données sont établies sur la base des pertes subies au cours de l'année d'accident, à l'exclusion des frais liés au règlement des sinistres.

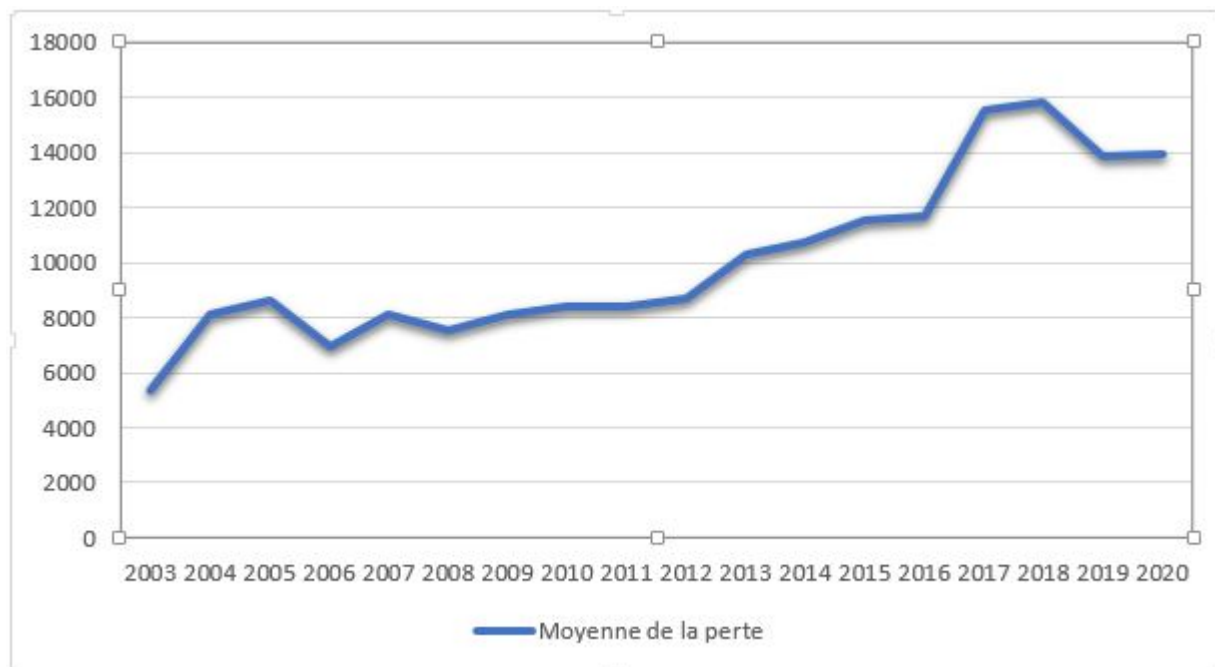
Tableau 3.7: Sinistres de l'assurance habitation 2003-2020

Année	Fréquence de sinistre	Moyenne de la perte	Année	Fréquence de sinistre	Moyenne de la perte
2003	7,08	5316	2012	7,22	8665
2004	0,59	8105	2013	4,81	10271
2005	5,62	8659	2014	5,27	10750
2006	5,19	6982	2015	5,93	11502
2007	4,83	8117	2016	5,28	11666
2008	6,58	7519	2017	6,26	15532
2009	6,02	8116	2018	5,73	15855
2010	6,33	8438	2019	5,29	13868
2011	9,71	8424	2020	6,01	13955

Note. À partir des différents rapports de NAIC couvrant la période de 2003 à 2020.

La figure 3.5 présente l'évolution des sinistres enregistrés dans le secteur de l'assurance habitation, qui montre une augmentation du montant moyen des sinistres. Cette augmentation est associée aux changements climatiques, qui ont généré une fréquence accrue d'événements tels que les ouragans et autres catastrophes au cours des dernières années (Wagner, 2022b). Il est à noter que le nombre de ces catastrophes peut être observé dans le Tableau 2.3, où l'on constate une augmentation au fil des dernières années.

Figure 3.5 Sinistres de l'assurance habitation de 2003 à 2020

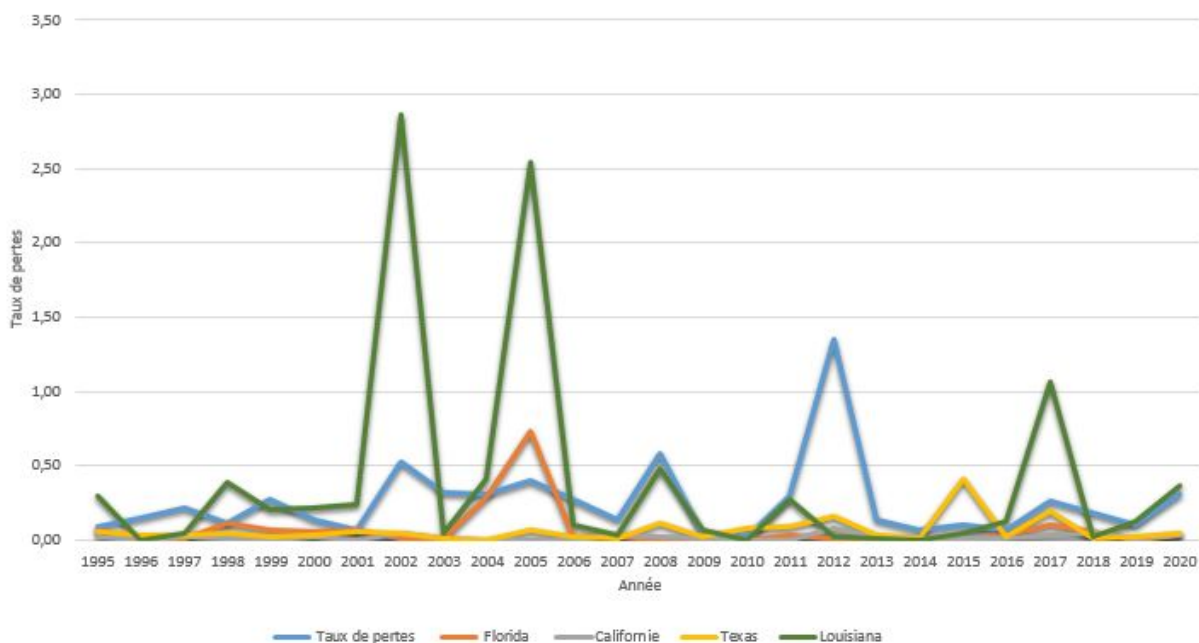


Note. Évolution des sinistres survenus aux États-Unis, collectée à partir de différents rapports de la NAIC Dwelling Fire, Homeowners Owner-Occupied, and Homeowners Tenant and Condominium/ Cooperative Unit Owner's Insurance Report : 2003-2020.

Une autre mesure que nous prenons en considération est le ratio des sinistres, également appelé le ratio Sinistres à Primes (S/P) ou rapport Sinistre à Cotisations (S/C) en fonction de la branche de l'assurance, c'est un indicateur statistique utilisé par les compagnies d'assurance pour évaluer leur performance financière et la rentabilité de leurs contrats. Il permet de mesurer l'équilibre entre les primes collectées et les sinistres indemnisés sur une période donnée, généralement un an. La Figure 3.6 présente le rapport sinistres-primes pour l'ensemble des assureurs sur la période totale de 1995 à 2020, ainsi que le rapport sinistres-primes dans des États particulièrement exposés aux risques catastrophiques, à savoir la Floride, la Californie, Louisiane et le Texas. La Figure 3.6 montre que, dans la plupart des années, les taux de sinistres dans ces États sont nettement inférieurs à la moyenne des ratios de sinistres pour l'assurance habitation en général. Les pics

en ligne verte s'expliquent par les tempêtes tropicales et l'ouragan de Lili qui ont frappé l'État de Louisiane en 2002 et l'ouragan de Katrina en 2005. En plus, le pic sur la ligne bleue est suite à l'ouragan de Sandy en 2012, un événement majeur de catégorie 3 entraînant des pertes de plus de 86 milliards de dollars.

Figure 3.6 Moyenne des ratios de pertes pour l'assurance habitation, de 1995 à 2021



Note. Variation des ratios de perte pour l'assurance habitation aux États-Unis, de 1995 à 2021, collectée à partir de différents rapports de la NAIC Dwelling Fire, Homeowners Owner-Occupied, and Homeowners Tenant and Condominium/ Cooperative Unit Owner's Insurance Report : 1995-2021.

Ce chapitre nous a permis d'explorer la seconde partie de l'étude, mettant en évidence, dans plusieurs sections, le marché des assurances aux États-Unis. Cela englobe le cadre réglementaire du marché, l'organisation des acteurs, les principes de l'assurance, jusqu'aux statistiques du marché.

Le marché de l'assurance joue un rôle significatif dans PIB du pays et sa pénétration dépasse la moyenne mondiale. De plus, l'assurance habitation représente une part importante des revenus générés par l'industrie ; il est noté que 93% de la population possède une telle couverture contre les désastres naturels.

CHAPITRE 4

ANALYSE EMPIRIQUE

Ce chapitre présente la méthodologie utilisée dans cette recherche, la manière dont les données ont été recueillies ainsi que leurs résultats et leur analyse.

4.1 Méthodologie

Dans cette partie, nous présentons l'analyse empirique pour voir l'impact du changement climatique sur le secteur des assurances aux États-Unis. Après avoir présenté, dans les deux chapitres précédents, les notions et les statistiques des deux volets. Ensuite, nous procéderons à effectuer plusieurs régressions sur les données.

Le but de cette étude est d'explorer l'impact des changements climatiques sur le secteur de l'assurance. Tous les rapports annuels de la NAIC de 1995 à 2020 ont été consultés pour extraire les primes d'assurance de chaque état américain ainsi que le nombre d'entreprises. De plus, les données sur les sinistres et les catastrophes les plus importantes ont été extraites de la base de données NOAA. Pour analyser la corrélation entre l'activité des compagnies d'assurance et les événements catastrophiques survenus dans chaque État, nous avons mené des régressions en agrégeant des séries de variables liées à ces deux aspects. Les variables utilisées dans ces régressions sont les primes directes acquises (exprimées en dollars), qui reflètent les tarifs d'assurance et la quantité de produits vendus, comme détaillés dans le chapitre 3. De plus, les pertes subies ont été considérées comme des événements catastrophiques dans chaque État (exprimées en dollars), comme exposé dans le chapitre 2. Cette approche nous permet d'explorer la relation dynamique entre les activités des assureurs et les incidents catastrophiques, en tenant compte des données des deux aspects.

En outre, nous avons inclus d'autres variables essentielles dans notre analyse. Le nombre d'entreprises commercialisant des produits d'assurance dans chaque État est une variable clé permettant d'examiner le comportement des compagnies d'assurance, notamment en ce qui concerne les entrées et sorties du marché. Cette variable fournit des informations sur la dynamique dans chaque État et sur la façon dont les compagnies réagissent aux catastrophes naturelles.

D'autre part, suivant les spécifications présentées par Patricia (2006), nous avons inclus une variable appe-

lée *catastrophes inattendues*. Celle-ci représente la différence entre le nombre réel d'événements catastrophiques survenus au cours d'une année donnée et la moyenne des événements catastrophiques dans cet État sur toute la période de 1995 à 2020. Cette variable vise à évaluer la survenue d'événements catastrophiques imprévus et à examiner comment les compagnies d'assurance réagissent à de telles situations inattendues au fil du temps. En intégrant ces variables supplémentaires, notre analyse vise à obtenir une compréhension globale des interactions complexes entre les activités des compagnies d'assurance et le contexte des événements catastrophiques dans chaque État. Le calcul de cette variable se fait selon la formule suivante :

$$catnat_inatt_{it} = nbr_catnat_{it} - nbrmoyen_catnat_i$$

Avec i qui désigne l'État t qui désigne le temps, on fait la différence entre le nombre d'événements présents à un moment donné et le nombre moyen de tous ceux qui se sont produits durant cette période.

Nous avons également introduit une variable cruciale que nous appelons les sinistres majeurs (Blockbuster). Cette variable représente le nombre d'événements catastrophiques majeurs survenus dans l'État au cours d'une année donnée, comme expliqué en détail dans le chapitre 2. En ajoutant cette variable, notre objectif est de prendre en compte les événements catastrophiques ayant un impact significatif sur la région. Ainsi, nous pouvons analyser les implications des sinistres majeurs sur le secteur de l'assurance dans chaque État.

Pour nous permettre de nous distinguer des études existantes, nous avons inclus une nouvelle variable, notamment Blockbuster_Post. Cette variable constitue une version actualisée de notre variable initiale, Blockbuster, pour les observations postérieures à l'année 2005. L'objectif sous-jacent est d'explorer l'effet additionnel des sinistres majeurs au cours d'une période plus récente, permettant ainsi d'analyser les évolutions récentes des impacts des catastrophes majeures sur le secteur de l'assurance. Cette approche vise à enrichir la compréhension des dynamiques actuelles entre les sinistres majeurs et l'industrie de l'assurance, apportant ainsi une contribution significative à la littérature existante. Le calcul de cette variable est détaillé comme suit

$$Post_t = \begin{cases} 1 & \text{si année} > 2005 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Nous commençons par créer une variable Post pour la période postérieure à 2005. Puis, nous utilisons la

formule ci-dessous pour générer une nouvelle variable.

$$\text{Blockbuster_Post}_{it} = \text{POST} * \text{Bolckbuster}$$

Les variables mentionnées précédemment sont présentées dans les deux chapitres précédents. Avant de passer à la spécification des équations de régression, il est nécessaire de définir les variables explicatives et les variables à expliquer. La première partie vise à étudier l'impact des catastrophes sur l'activité des entreprises d'assurance, notamment les taux de pertes (ratios de sinistres), les sinistres encourus et les primes acquises. La deuxième partie cherche à comprendre le comportement des entreprises et leurs réactions face aux catastrophes naturelles.

Les variables explicatives visant à exprimer le ratio de pertes (variable dépendante) comprennent les *catastrophes inattendues*, les sinistres majeurs (Blockbuster), le nombre d'entreprises et les primes acquises. La spécification de cette régression est présentée par l'équation (4,1).

$$\begin{aligned} \text{taux_de_perte}_{it} = & \alpha + \beta_1 \text{inatt_catnat}_{it} + \beta_2 \text{inatt_catnat}_{it-1} \\ & + \beta_3 \text{inatt_catnat}_{it-2} + \beta_4 \text{Blockbuster}_{it} + \beta_5 \text{Blockbuster}_{it-1} \\ & + \beta_6 \text{Blockbuster}_{it-2} + \beta_7 \ln \text{Nbr_Firms}_{it} + \beta_8 \ln \text{prime}_{it} + \delta_t + \gamma_i + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Avec i les états pour chaque période et t temps allant du 1995 au 2020, la variable dichotomique δ_t = effet fixe temps pour la période de 1995 à 2020, γ_i effets fixes États et $\epsilon_{it} \sim \text{iid } N(0, \sigma^2)$

Pour exprimer les primes acquises (variable dépendante), nous utilisons une série de variables indépendantes, à savoir les primes d'assurance décalées d'une période, les *catastrophes inattendues*, les sinistres majeurs (Blockbuster), et le nombre d'entreprises. La spécification de cette régression est présentée par l'équation (4,2).

$$\begin{aligned} \ln \text{prime}_{it} = & \alpha + \beta_1 \ln \text{prime}_{it-1} + \beta_2 \text{inatt_catnat}_{it} + \beta_3 \text{inatt_catnat}_{it-1} \\ & + \beta_4 \text{inatt_catnat}_{it-2} + \beta_5 \text{Blockbuster}_{it} + \beta_6 \text{Blockbuster}_{it-1} \\ & + \beta_7 \text{Blockbuster}_{it-2} + \beta_8 \ln \text{Nbr_Firms}_{it} + \delta_t + \gamma_i + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Dans la troisième régression, la variable dépendante est représentée par les sinistres subis par les compagnies d'assurance. La liste des variables explicatives comprend les primes d'assurance décalées d'une période, les *catastrophes inattendues*, les sinistres majeurs (Blockbuster), et le nombre d'entreprises. L'équa-

tion (4.3) montre la spécification de cette régression.

$$\begin{aligned} \ln \text{sinistres}_{it} = & \alpha + \beta_1 \ln \text{prime}_{it-1} + \beta_2 \text{inatt_catnat}_{it} + \beta_3 \text{inatt_catnat}_{it-1} \\ & + \beta_4 \text{inatt_catnat}_{it-2} + \beta_5 \text{Blockbuster}_{it} + \beta_6 \text{Blockbuster}_{it-1} \\ & + \beta_7 \text{Blockbuster}_{it-2} + \beta_8 \ln \text{Nbr_Firms}_{it} + \delta_t + \gamma_i + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.3)$$

La deuxième étape consiste à déterminer le comportement des compagnies d'assurances face aux catastrophes naturelles : le nombre d'entreprises par état. Pour cela, on exprime le nombre d'entreprises (comme variables dépendantes) sur une série de variables explicatives afin d'évaluer l'impact de l'entrée ou de la sortie des compagnies d'assurances sur le marché de l'assurance. On utilise donc les sinistres subis décalés d'une période ; les catastrophes naturelles décalés d'une période et décalés de deux périodes ; les sinistres majeurs décalés d'une période et décalés de deux périodes ; et les primes d'assurances décalés d'une période. L'équation (4,4) indique la régression.

$$\begin{aligned} \text{Nbr_firms}_{it} = & \alpha + \beta_1 \text{taux_de_perte} + \beta_2 \text{inatt_catnat}_{it-1} \\ & + \beta_3 \text{inatt_catnat}_{it-2} + \beta_4 \text{Blockbuster}_{it-1} + \beta_5 \text{Blockbuster}_{it-2} \\ & + \delta_t + \gamma_i + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Pour toutes les régressions, nous avons suivi la spécification utilisée dans l'étude de Patricia (2006), qui implique l'utilisation de données de panel sur trois dimensions, avec *i* représentant les entreprises dans chaque État, *s* représentant les États, et *t* représentant le temps. Contrairement à cette approche, notre étude se limite à deux dimensions, avec *i* représentant les États et *t* représentant le temps.

4.2 Résultats et discussion

Dans cette section, nous présentons et analysons les résultats de nos estimations de l'ensemble des régressions de la section précédente

L'effet des catastrophes naturelles sur le marché des assurances : Taux de sinistre, prime et sinistres. À fin d'explorer les impacts des risques catastrophiques, nous procédons à une série d'analyses de régression visant à évaluer l'effet de différentes variables sur le ratio de sinistres, les primes et les pertes (sinistres).

La première mesure que nous examinons est le ratio des pertes encourues. Cet indicateur est calculé comme le rapport entre le coût des sinistres réglés et les primes versées par les assurés. Également connu sous

les appellations de rapport S/P (Sinistre à Prime) ou rapport S/C (Sinistre à Cotisations) selon la branche de l'assurance, cet indicateur fournit des perspectives sur la relation entre les coûts des sinistres et les primes collectées, permettant ainsi une évaluation approfondie de la performance financière du secteur de l'assurance face aux risques catastrophiques.

Notre hypothèse est la suivante : si une catastrophe naturelle survient, les assureurs adapteront leur stratégie de souscription afin que les années qui suivront cette catastrophe soit plus rentable.

Le tableau 4.1 présente la régression du logarithme naturel du taux de sinistres sur la série de variables explicatives. Nous estimons l'équation (4,1). La première colonne détaille la régression groupée de la liste des variables explicatives, excluant les effets fixes de temps et d'État, et elle n'intègre pas la variable Blockbuster_Post. La deuxième colonne spécifie la régression 4.1 avec la nouvelle variable blockbuster Post pour montrer l'effet additionnel des sinistres majeurs après l'année 2005. La troisième colonne spécifie les régressions à effet fixe année et État, cela nous a permis de bien contrôler les variations individuelles spécifiques aux États et aux années, dans le chapitre précédent nous avons détaillé qu'à chaque État des spécificités de marché (législation et organisation) et même au niveau fédéral les États-Unis a des politiques économiques commun pour tous les États. La quatrième colonne spécifie la régression de l'équation 4.1 avec la nouvelle variable Blockbuster_Post et les effets fixes État et année.

Tableau 4.1 Régression du ratio de sinistre (taux de perte)

Variables	Régr. groupée	Régr. avec var. blockbuster_post	Régr. effet fixe État et temps	Régr. avec effet fixe État temps blockbuster_post
PRIME	-0,00809*** (0,0018)	-0,00884*** (0,00181)	-0,0133*** (0,00293)	-0,0136*** (0,00296)
inatt_catnat	-0,00983 (0,0503)	-0,00996 (0,0501)	-0,00712 (0,0442)	-0,00748 (0,0442)
Blockbuster	45,3*** (6,42)	34,9*** (7,49)	40,2*** (6,65)	37,3*** (7,98)
Nbr_firms	-0,0137 (0,0188)	-0,0119 (0,0188)	-	-
inatt_catnat_(t-1)	-0,0527 (0,0507)	-0,048 (0,0506)	-0,0103 (0,0473)	-0,00976 (0,0474)
inatt_catnat_(t-2)	0,0692 (0,0460)	0,0694 (0,0459)	0,0239 (0,0434)	0,0244 (0,0434)
Blockbuster_(t-1)	5,08 (6,55)	6,64 (6,56)	4,33 (6,65)	4,43 (6,65)
Blockbuster_(t-2)	-15,1** (6,26)	-14,3** (6,25)	-13** (6,49)	-13,2** (6,5)
Blockbuster_Post	non	35*** (13,1)	non	8,93 (13,5)
R ²	0,069	0,075	0,075	0,18

39

Variables à expliquer = Taux de pertes, la régression inclut des variables muettes de 26 ans, qui ne sont pas indiqués. *, **, *** indiquent la signification au niveau de 90 %;95 % et 99 % tests bilatéraux. Pour simplifier la lecture, toutes les variables sont multipliées par cent.

Les principales hypothèses sont que les et les catastrophes de grande ampleur devraient augmenter considérablement les ratios de pertes des entreprises au cours des années de catastrophe et réduire les ratios de pertes au cours des années sans catastrophes. Le ratio de la sinistralité est considéré comme l'indicateur qui réfère aux performances ou bien la rentabilité des compagnies d'assurances. Le tableau 4.1 affiche que il ya une relation négative entre la prime d'assurance et le ratio de sinistralité. Aussi, L'effet des catastrophes de masse (Blockbuster) est d'augmenter le ratio de sinistres au cours de l'année de la catastrophe de masse, mais il montre un effet négatif deux ans après la catastrophe majeure, ce qui est cohérent avec notre hypothèse selon laquelle les entreprises augmentent leurs primes d'assurance après un événement majeur pour se protéger contre de futurs événements similaires. Cependant, malgré cette corrélation, il n'y a pas de preuve statistiquement significative de cet effet. Les résultats suggèrent également que les catastrophes de type "blockbuster" ont un impact plus prononcé sur le ratio de pertes que les autres catastrophes. Pendant l'année de la catastrophe, ces événements entraînent une augmentation du ratio de pertes, mais cet effet est en grande partie compensé deux ans plus tard. Cela confirme notre hypothèse selon laquelle les ajustements de primes effectués par les compagnies d'assurance après une catastrophe blockbuster conduisent à des ratios de pertes plus faibles dans les années où de tels événements ne se produisent pas. La régression dans les colonnes deux et quatre révèle un effet additionnel des sinistres Blockbusters de 35 % et 8,93 %, respectivement, bien que le dernier ne soit pas statistiquement significatif. En présence d'effets fixes d'année et de temps pour la période allant de 2005 à 2020, cette période a été marquée par une sinistralité significative : une hausse notable de 32 % des catastrophes majeures après 2005, ce qui a contribué à une sinistralité accrue. Il est important de noter que, même après l'ajout des effets fixes d'état et d'année, ainsi que l'introduction de la variable Blockbuster_Post, les résultats de la régression 4.1, colonne 4, indiquent que les variables blockbuster et Blockbuster_Post demeurent non robustes. Toutefois, les variables restantes demeurent robustes.

Le tableau 4.2 présente la régression du logarithme des primes acquises par rapport à notre ensemble de variables explicatives définies dans l'équation 2. Il est regrettable de constater que presque aucun résultat ne présente une signification statistique. Toutefois, il est important de noter que nos attentes initiales étaient que les résultats seraient significatifs.

Les primes, qui reflètent à la fois le coût de l'assurance et la quantité d'assurance, sont considérées comme une mesure moins instructive que le taux de sinistres, qui sert ex-post de la rentabilité de l'assureur. Pour tenir compte de la nature fortement autorégressive de la souscription d'assurance, nous incluons une mesure des primes des propriétaires décalées d'une période dans l'analyse. Selon les résultats du Tableau 4.2,

l'élasticité des primes acquises par rapport à celles de l'année précédente est de 0,8 pour les deux premières colonnes, sans tenir compte des effets fixes année et États. Les événements inattendus et les sinistres majeurs ont des effets à la fois pour augmenter le taux d'assurance (prix) et peuvent également réduire la quantité d'assurance souscrite.

Les résultats de la régression, résumés dans le tableau 4.2, suggèrent que les événements inattendus ont un effet négatif sur les primes acquises pour l'année en cours, l'année du sinistre, ainsi que sur la période décalée d'une et deux périodes. En revanche, les événements majeurs Blockbuster présentent un coefficient de 2,75, indiquant un impact positif sur les primes d'assurance. Cela s'explique par le fait qu'après un événement majeur, les primes d'assurance augmentent de plus d'un million de dollars, en raison de l'augmentation des tarifs d'assurance par les compagnies. Lorsque nous appliquons les effets fixes année et temps dans les régressions des troisième et quatrième colonnes, nous observons que les sinistres majeurs et les événements inattendus entraînent à la fois une augmentation du prix de l'assurance et une réduction de la quantité d'assurance souscrite pour la période décalée. Ces résultats mettent en évidence l'impact significatif des événements catastrophiques sur la dynamique des tarifs d'assurance et la souscription d'assurance.

Pour la variable `Blockbuster_Post` dans la quatrième colonne, les résultats montrent que l'effet sur le prix de l'assurance n'est pas statistiquement significatif. Cela indique que, selon les résultats de la régression, la variable `Blockbuster_Post` n'a pas un impact mesurable additionnel et significatif sur les tarifs d'assurance dans cette configuration particulière du modèle.

Tableau 4.2 Régression de la prime d'assurances

Variables	Régr. groupée	Régr. avec var. blockbuster_post	Régr. effet fixe État et temps	Régr. avec effet fixe État temps blockbuster_post
<i>Prime</i> _(t-1)	81,2*** (1,66)	80,9*** (1,67)	-3,38 (2,98)	-3,39 (2,98)
<i>inatt_catnat</i>	-0,108*** (0,0416)	-0,105** (0,0417)	0,0147 (0,030)	0,0145 (0,0301)
<i>Blockbuster</i>	2,75 (5,35)	-1,62 (6,92)	1,67 (4,52)	2,53 (6,05)
<i>Nbr_firms</i>	0,0812*** (0,0153)	0,0816*** (0,0153)	-	-
<i>inatt_catnat</i> _(t-1)	-0,0181 (0,0422)	-0,0199 (0,0422)	-0,00628 (0,0322)	-0,00602 (0,0322)
<i>inatt_catnat</i> _(t-2)	-0,0360 (0,0383)	-0,0358 (0,0383)	-0,0367 (0,0295)	-0,0367 (0,0295)
<i>Blockbuster</i> _(t-1)	7,07 (5,46)	7,07 (5,46)	2,93 (4,52)	2,98 (4,53)
<i>Blockbuster</i> _(t-2)	0,777 (5,22)	0,926 (5,22)	0,453 (4,40)	0,486 (4,41)
<i>Blockbuster_Post</i>	non	9,8 (9,84)	non	-1,82 (8,49)
R ²	0,75	0,75	0,08	0,087

42

Variables à expliquer = ln (prime d'assurance), la régression inclut des variables muettes de 26 ans, qui ne sont pas indiqués. *, **, *** indiquent la signification au niveau de 90 % ; 95 % et 99 % tests bilatéraux. Pour simplifier la lecture, toutes les variables sont multipliées par cent.

Les résultats concernant les pertes subies (sinistres) sont relativement prévisibles. Les grandes catastrophes devraient logiquement entraîner une augmentation des pertes supportées par les compagnies d'assurance. Pour quantifier cet effet, nous utilisons l'équation 4.3, dont les résultats sont présentés dans la première colonne du tableau 4.3. Les données relatives à la variable dépendante sont exprimées en millions de dollars, représentant les pertes encourues par les compagnies d'assurance à la suite d'une catastrophe naturelle. Lorsqu'une catastrophe majeure survient, elle entraîne une augmentation significative de la valeur totale des sinistres pour l'année concernée. En effet, pour chaque unité d'augmentation des sinistres majeurs, la valeur totale des pertes augmente de manière proportionnelle à un coefficient de 615,8. Autrement dit, à la suite d'un sinistre majeur, les pertes encourues augmentent de plus de 470 millions de dollars.

De manière similaire, après une catastrophe majeure, on peut s'attendre à des primes d'assurance plus élevées. Les compagnies d'assurance ajustent généralement leurs tarifs pour refléter le niveau accru de risque. À titre d'exemple, les primes d'assurance habitation dans certaines régions côtières ont augmenté de 30 % ou plus à la suite de l'événement de Katrina. De plus, les prix de l'immobilier peuvent également augmenter en raison de l'augmentation des salaires, ainsi que de la relative inélasticité de l'offre de main-d'œuvre et de logements. Cependant pour l'année suivante, ils ont un effet négatif, car le remboursement se fait durant la première année puis les charges vont diminuer. La colonne deux montre un effet additionnel non significatif de la variable `Blockbuster_Post`. La troisième et la quatrième colonne avec un effet fixe d'État et année affichent un effet non robuste du modèle. Les catastrophes inattendues et les catastrophes de type `Blockbuster` augmentent la valeur des sinistres pour l'année de la catastrophe. Toutefois, pour l'année suivante, ils ont un effet négatif. Dans la quatrième colonne des données, une tendance notable émerge concernant l'effet de la variable `Blockbuster_Post` sur le montant des sinistres. Un coefficient de -454 est associé à cette variable, indiquant un impact négatif supplémentaire. Ce coefficient signifie qu'il y a une diminution de la valeur des pertes sur la période allant de 2005 à 2021 lorsque la variable `Blockbuster_Post` est présente. Cette situation peut être interprétée comme étant le résultat de deux réactions principales des compagnies d'assurance face à une augmentation de la vulnérabilité aux risques climatiques. Tout d'abord, il est possible que ces compagnies réduisent le volume d'assurances souscrites, prenant en compte leur exposition accrue à ces risques. En conséquence, certaines compagnies pourraient même décider de se retirer complètement du marché de l'assurance. Cette réaction a un impact direct sur les montants des sinistres enregistrés par les compagnies d'assurance, car une diminution du volume d'assurances souscrites signifie moins de sinistres à couvrir. Les quinze événements majeurs, notamment les ouragans Katrina, Sandy, Maria et Harvey aux États-Unis, ont joué un rôle significatif dans cette dynamique. Leur impact a entraîné des pertes importantes pour les compagnies d'assurance et même la faillite de certaines d'entre elles.

Tableau 4.3 Régression du sinistre

Variables	Régr. groupée	Régr. avec var. blockbuster_post	Régr. effet fixe État et temps	Régr. avec effet fixe État temps blockbuster_post
<i>Prime</i> _(t-1)	259,8*** (20,8)	24,6 (42,4)	25,1 (42,4)	24,1 (42,2)
<i>inatt_catnat</i>	0,0657 (0,521)	-0,0253 (0,428)	-0,0037 (0,427)	0,00659 (0,425)
<i>Blockbuster</i>	615,8*** (66,9)	680,9*** (86,0)	613,5*** (64,3)	761,1*** (76,4)
<i>Nbr_firms</i>	-0,280 (0,191)	-	-	-
<i>inatt_catnat</i> _(t-1)	-0,460 (0,528)	0,0851 (0,458)	0,0650 (0,458)	0,0270 (0,456)
<i>inatt_catnat</i> _(t-2)	-0,109 (0,480)	0,0546 (0,420)	0,0568 (0,420)	0,0250 (0,418)
<i>Blockbuster</i> _(t-1)	-123,3* (68,3)	-29,6 (64,4)	-33,8 (64,3)	-38,6 (64)
<i>Blockbuster</i> _(t-2)	-150,7** (65,4)	-142,2** (62,7)	-144,8** (62,6)	-135,3** (62,4)
<i>Blockbuster_Post</i>	non	-142,6 (120,7)	non	-454*** 24,1
R ²	0,18	0,20	0,43	0,44

Variables à expliquer = ln (sinistres), la régression inclut des variables muettes de 26 ans, qui ne sont pas indiqués. *, **, *** indiquent la signification au niveau de 90%; 95% et 99% tests bilatéraux. Pour simplifier la lecture, toutes les variables sont multipliées par cent.

L'impact négatif des évènements catastrophiques sur les primes a incité les compagnies d'assurances à s'adapter à ces évènements, soit en diminuant le montant de la prime d'assurance habitation, soit en se retirant du marché.

Dans cette partie, nous allons explorer l'effet des catastrophes sur le comportement des entreprises d'assurances qui souscrivent une assurance habitation dans l'État. Nous estimons l'équation 4 où la variable dépendante est le nombre d'entreprises dans l'État. Les résultats de l'estimation sont présentés dans le tableau 4.4.

On constate que le taux de sinistralité des entreprises a une influence importante sur le retrait des entreprises du marché. L'ensemble des régressions montre que le taux de sinistralité affecte le nombre d'entreprises dans chaque État. Les sinistres inattendus décalé d'une année et décalé de deux ans ont un effet positif.

Lorsque les effets fixes sont pris en compte dans l'analyse, les résultats obtenus perdent de leur solidité. Cependant, il est important de souligner que les catastrophes majeures continuent d'avoir une influence significative sur ces résultats. Dans le tableau 4.4, la variable Blockbuster présente un coefficient de -9.386, ce qui signifie qu'à la suite d'une catastrophe majeure, le nombre de compagnies d'assurances diminue de 9. Cela équivaut à une baisse moyenne de 1,1 % du nombre total de compagnies d'assurances sur toute la période.

Selon Flavelle *et al.* (2023) les compagnies d'assurance quittent souvent les marchés en raison d'une exposition croissante aux catastrophes naturelles. Par exemple, la compagnie State Farm a annoncé qu'elle cessera de commercialiser des produits d'assurance habitation en Californie, car elle adopte une approche prudente en évitant les États exposés aux catastrophes naturelles. Elle cherche ainsi à évaluer et à réduire les risques. Dans le même article, il a été mentionné que les pertes massives d'ouragan Andrew en 1992 ont entraîné la faillite de plusieurs assureurs et aussi le retrait de la plupart des grandes compagnies dans cet État. De plus, l'ouragan Katrina en 2005 suivi d'une série de tempêtes a entraîné la faillite de neuf compagnies d'assurances. Ce qui met en preuve que les compagnies quittent le marché suite à une forte sinistralité. D'autres facteurs à prendre en compte sont les réglementations étatiques en matière d'assurance, qui peuvent limiter les augmentations de primes, interdire les résiliations de polices et exiger certains niveaux de couverture. Gall (2023)

Tableau 4.4 Régression du nombre des entreprises d'assurances dans chaque État

Variabes	Régr. groupée	Régr. avec var. blockbuster_post	Régr. effet fixe État et temps	Régr. avec effet fixe État temps blockbuster_post
<i>taux_de_perte</i>	-0,743 (1,935)	-0,546 (1,944)	-1,78e-05 (7,80e-05)	-2,28e-06 (8,01e-05)
<i>inatt_catnat</i> _(t-1)	0,431*** (0,0291)	0,430*** (0,0291)	0,220*** (0,0331)	0,220*** (0,0332)
<i>inatt_catnat</i> _(t-2)	0,154*** (0,0287)	0,154*** (0,0287)	-11,11* (6,296)	-11,15* (6,298)
<i>Blockbuster</i> _(t-1)	-9,386** (4,442)	-9,307** (4,443)	3,168 (6,134)	3,474 (6,146)
<i>Blockbuster</i> _(t-2)	4,031	4,050 (4,339)	-0,00498** (0,00236)	-0,00479** (0,00237)
<i>Blockbuster_Post</i>	non	-7,701 (7,527)	non	-7,681 (9,092)
R ²	0,064	0,618	0,081	0,055

46

Variabes à expliquer =(nombre d'entreprises). La régression inclut des variables muettes de 26 ans, qui ne sont pas indiquées. *, **, *** indiquent la signification au niveau de 90 %; 95 % et 99 % tests bilatéraux.

CONCLUSION

Le secteur de l'assurance est très sensible aux catastrophes naturelles. Depuis la décennie précédente, la planète subit des évolutions climatiques qui ont entraîné plusieurs événements météorologiques extrêmes. Les assureurs doivent donc comprendre comment leur industrie réagit à ce type de catastrophe. L'objectif de cette thèse est d'analyser l'impact des catastrophes naturelles sur le secteur de l'assurance Américain de 1995 à 2020.

L'impact des catastrophes naturelles sur le secteur des assurances a été analysé à l'aide d'un ensemble de données qui couvrent les sinistres enregistrés par les entreprises (catastrophes naturelles), d'une liste des dégâts les plus importants (blockbuster), du nombre d'entreprises actives sur le marché de chaque État, ainsi que des primes d'assurances. Les résultats de différentes régressions nous ont permis de noter qu'il y a un effet négatif entre la rentabilité des assureurs et le ratio de sinistralité. Aussi, l'effet des catastrophes de masse (Blockbuster) est d'augmenter le ratio de sinistres au cours de l'année de la catastrophe. La régression inclut une variable post blockbuster montre qu'il y a un effet supplémentaire de sinistre de 3,5% pour la période 2005 au 2020. Concernant les primes d'assurances, les résultats indiquent que l'effet des événements inattendus est négatif, alors que les événements majeurs de types Blockbuster ont un effet positif pour l'année en cours et les deux années qui suivent l'événement catastrophique. De plus les résultats montrent aussi que les *catastrophes inattendues* et les catastrophes de type Blockbuster augmentent la valeur des sinistres durant l'année de la catastrophe. L'analyse du nombre d'entreprises actives sur le marché des assurances de chaque État nous a permis de déterminer le comportement des entreprises suite à un événement catastrophique. En effet, le taux de sinistralité des entreprises n'a pas une influence importante sur la sortie des entreprises.

De même pour les sinistres inattendus décalé d'une année et décalé de deux ans du fait que les entreprises ont une réassurance adéquate pour faire face aux sinistres, alors que les catastrophes de grande ampleur ont une influence. L'effet significatif se produit avec un décalage d'une période, car la survenue d'une catastrophe majeure réduit de 1,1 % le nombre d'entreprises souscrivant une assurance habitation. Après 2005 les sinistres majeurs ont un effet supplémentaire du fait qu'il y avait plus de catastrophes important, donc le nombre supplémentaire des entreprises qui quitte le marché est augmenté de 7 %. Après avoir utilisé les effets fixes d'année et d'état dans les régressions, les résultats montrent un effet non robuste.

Notre travail complète ceux qui existent sur l'effet du changement climatique sur le secteur des assurances en ajoutant une analyse de données plus récente qui couvre une période très sinistrée en termes de dégâts catastrophiques. Dans les études futures, il sera recommandé de mettre l'accent sur la modélisation des stratégies d'atténuation des risques climatiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Atlas, G. (2023). The organization of insurance industry in usa. Récupéré de <https://www.atlas-mag.net/en/article/the-organization-of-insurance-industry-in-usa>
- Baily, M. (2011). Can natural disasters help stimulate the economy? Récupéré de <https://www.brookings.edu/articles/can-natural-disasters-help-stimulate-the-economy/>
- Barattieri, A., Borda, P., Brugnoli, A., Pelli, M. et Tschopp, J. (2022). The short-run, dynamic employment effects of natural disasters : New insights from puerto rico. *Ecological Economics*, 205.
- Beers, B. (2023). A brief overview of the insurance sector. Récupéré de <https://www.investopedia.com/ask/answers/051915/how-does-insurance-sector-work.asp>
- Bertinelli, L. et Strobl, E. (2013). Pollution and child mortality : The case of tropospheric ozone in sub-saharan africa. Dans *Public Economic Theory Conference*.
- Born, P. et Viscusi, W. K. (2006). The catastrophic effects of natural disasters on insurance markets. *Journal of Risk and Uncertainty*, 33(1/2), 55-72. Récupéré le 2024-01-16 de <http://www.jstor.org/stable/41761238>
- Breckner, M., Englmaier, F., Stowasser, T. et Sunde, U. (2016). Resilience to natural disasters — insurance penetration, institutions, and disaster types. *Economics Letters*, 148(C), 106-110.
- CENTER FOR SCIENCE EDUCATIONS (2024). Climate classification.
- De Silva, D. G., McComb, R. P., Moh, Y.-K., Schiller, A. R. et Vargas, A. J. (2010). The effect of migration on wages : Evidence from a natural experiment. *American Economic Review*, 100(2), 321-326.
- d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, G. (2021). Changement climatique 2021 les bases scientifiques physiques.
- Economic, W. (2022). The global risks report 2022 (17th edition). Récupéré de <https://wef.ch/risks22>
- Felbermayr, G. et Gröschl, J. (2014). Naturally negative : The growth effects of natural disasters. *Journal of Development Economics*, 100, 111.
- Fellous, J. [s.d.]. Comment peut-on définir le climat ? LE CLIMAT EN QUESTIONS.
- Flavelle, C., Cowan, J. et Penn, I. (2023). Climate shocks are making parts of america uninsurable. it just got worse. The New York Times. Récupéré de <https://www.nytimes.com/2023/05/31/climate/climate-change-insurance-wildfires-california.html>
- Fu, R. (2011). Effects of climate change in north america : An overview. *Journal of Sustainable Development*, 4. <http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v4n3p32>
- Gall, M. (2023). Why insurance companies are pulling out of california and florida and how to fix some of the underlying problems. *Arizona State University*.
- Groen, J. et Polivka, A. (2008). The effect of hurricane katrina on the labor market outcomes of evacuees. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 98(2), 43-48.

- Hsiang, S. M. et Jina, A. J. (2014). *The Causal Effect of Environmental Catastrophe on Long-Run Economic Growth : Evidence from 6,700 Cyclones*. Rapport technique, National Bureau of Economic Research.
- Larivière, V. (2011). *La Vulnérabilité Et L'adaptation Aux Changements Climatiques : Une Étude De Cas À Kuujuarapik Et Whapmagoostui*. (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal.
- Lindsey, R. (2022). Climate change : Global sea level.
- McIntosh, M. (2008). Measuring the labor market impacts of hurricane katrina migration : Evidence from houston, texas. *American Economic Review*, 98(2), 54–57.
- Melillo, J. M., Richmond, T. T. et Yohe, G. W. (dir.) (2014). *Climate Change Impacts in the United States : The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program.
<http://dx.doi.org/10.7930/J0Z31WJ2>
- Noy, I. (2009). The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, 88(2), 221–231.
- Noy, I. et duPont, W. (2018). The long-term consequences of disasters : What do we know, and what we still don't. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 12(4), 325–354.
- of Insurance Commissioners, N. A. (2020). Dwelling fire, homeowners owner-occupied, and homeowners tenant and condominium/cooperative unit owners insurance. Récupéré de <https://content.naic.org/>
- Platt, S., Brown, D. et Hughes, M. (2016). Measuring resilience and recovery. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19.
- Prasad, S. [s.d.]. Climatic classification of koppen. Mukherjee University, Ranchi.
- Rentschler, J. et Salhab, M. (2020). *People in Harm's Way : Flood Exposure and Poverty in 189 Countries*. Policy Research Working Paper 9447, World Bank. License : CC BY 3.0 IGO
- Roth Tran, B. et Wilson, D. (2023). The local economic impact of natural disasters. (2020-34). Récupéré de <https://doi.org/10.24148/wp2020-34>
- Strobl, E. (2011). The economic growth impact of hurricanes : Evidence from u.s. coastal counties. *The Review of Economics and Statistics*, 93(2).
- Vu, T. B. et Noy, I. (2018). Natural disasters and firms in vietnam. *Pacific Economic Review*, 23(3), 426–452.
- Wagner, K. R. H. (2022a). Adaptation and adverse selection in markets for natural disaster insurance. *American Economic Journal : Economic Policy*, 14(3), 380–421.
<http://dx.doi.org/10.1257/pol.20200378>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.20200378>
- Wagner, K. R. H. (2022b). Designing insurance for climate change. *Nature Climate Change*, 12(12), 1070–1072.