

itemsep=-2pt

[method]labelfont=bf

Quelle forme, étendus et enjeux pour les fonctions de dommage ?

Mémoire de recherche

Fonctions de dommages dans les modèles intégrés

Gabriel Genelot

mailto:gabriel.genelot@ens.psl.eu gabriel.genelot@ens.psl.eu

Résumé

Ce compte-rendu est la restitution d'un travail d'exploration personnel réalisé dans le cadre du cours de Climatologie et Paléoclimatologie de la faculté de Sciences de Sorbonne Université. Il présente les résultats de plusieurs modélisations numériques qui simulent un système climatique dans des conditions pré-industrielles et un autre où la concentration en CO₂ a été fortement augmentée. Deux modèles sont utilisés : le LMDz et le CMIP6. Il s'intéresse plus particulièrement aux précipitations annuelles moyennes et à la température annuelle moyenne en Amérique du Sud, et plus particulièrement dans la forêt amazonienne. On observe que les températures augmentent et que les précipitations diminuent quand la concentration en CO₂ augmente. On observe également une modification des précipitations au niveau de la zone de convergence intertropicale, qui pourrait être signe d'un déplacement de celle-ci. On retrouve par ailleurs une dualité dans les réactions atmosphériques à une augmentation de la concentration en CO₂. Celle-ci est évoquée dans la littérature, sans être résolue.

Enseignant : Jean-Baptiste Madeleine
Tuteur : Valentin Wiener
Cadre : Projet du cours de climatologie et paléoclimatologie
Faculté : Géosciences, Sorbonne Université Sciences

[remember picture, overlay] [above=10mm] at (current page.south) [width=0.5]figures/logos/iedes_Logo.jpg;

Preface

A preface...

*Gabriel Genelot
EPFL, 2024*

Summary

A summary...

Contents

Introduction

Comment prendre les bonnes décisions face au changement climatique ? Si l'existence de celui-ci ainsi que l'ampleur des conséquences qu'il induit ne font plus de doute, les actions à mettre en œuvre et les choix à faire pour le limiter et s'en protéger sont moins consensuelles. Elles font l'objet de nombreux débats, aux niveaux nationaux mais aussi internationaux dans la diplomatie climatique. Un des défis de ces décisions est l'incertitude qui les entoure : on ne connaît pas les conséquences de chaque décision, et pourtant, il faut choisir un chemin. Une discipline cherche à éclairer cette route sombre, à la manière des phares d'une voiture : la prospective. Un outil particulièrement utilisé pour réduire cette incertitude est la modélisation, et particulièrement la modélisation intégrée.

Le ?? chapitre 1 est consacré à une présentation du contexte scientifique et politique dans lequel s'inscrivent les fonctions de dommage. Il présente d'abord les différents risques climatiques, c'est-à-dire les raisons pour lesquelles on s'intéresse au changement climatique. Il poursuit en présentant l'intrication entre les sciences dures et la politique dans les négociations climatiques. Enfin, il présente les outils qui permettent d'éclairer ces décisions, notamment les modèles intégrés et leurs fonctions de dommage.

Le chapitre 2 présente la méthodologie et les résultats de la revue de littérature sur les fonctions de dommage. Il vise à présenter un état des lieux, complet mais non exhaustif, des fonctions de dommages qui sont utilisées ou non dans les modèles. Il est suivi d'une analyse de cet état des lieux, en classant les fonctions de dommages selon leur utilisation finale, leur forme ou encore les paramètres qui sont pris en compte.

Le chapitre 3 présente l'étape de modélisation. On y réutilise les résultats de la revue de la littérature pour voir l'effet des fonctions de dommage sur le modèle WILLIAM. Les différentes formes de fonctions de dommage sont introduites dans une version modifiée du modèle. En faisant varier à la fois les paramètres et les fonctions de dommages activées, on réalise de nombreux *run* et on obtient ainsi

```

[node distance=3.5cm, every node/.style=rectangle, draw, minimum
width=2cm, minimum height=1cm, text centered] (phenomena) [rectangle,
draw] Phénomènes; (representation) [rectangle, draw, right of=phenomena,
text width = 2.5 cm] Représentation
schématique; (interpretation) [rectangle, draw, right of=representation, text
width = 2.5 cm] Interprétation; (transposition) [rectangle, draw, right
of=interpretation, text width = 3 cm] Transposition
dans le
domaine réel;
[-.] (phenomena) – (representation); [-.] (representation) – (interpretation);
[-.] (interpretation) – (transposition);
(image1) [above of=phenomena, draw=none] [width=2cm]assets/tornado.png;
(image2) [above of=representation, draw=none, inner sep=0pt]
[width=2.5cm]assets/modélisation.PNG; (image3) [above of=interpretation,
inner sep=0pt] [width=2.5cm]assets/nordhaus.PNG; (image4) [above
of=transposition, inner sep=0pt] [width=3cm]assets/cop21.jpg;

```

Figure 1: Les grandes étapes de la vie d’une modèle

un grand échantillon de résultats. On réalise alors une étude économétrique sur ces résultats, pour évaluer le pouvoir explicatif de la fonction de dommage sur les résultats du modèle.

Le chapitre 4 propose une réflexion plus théorique sur l’éthique de la modélisation. Des exemples concrets de points de la modélisation qui incorporent des questions éthiques, comme le choix d’une fonction de dommage, la transparence et la communication des résultats, ou le choix de la valeur du taux d’actualisation, sont analysés à l’aide d’écrits sur la philosophie des sciences, notamment Jonas, Ongino et d’autres.

Le chapitre 5 s’interroge sur la perception de ces enjeux éthiques chez les personnes qui participent au débat public sur les questions climatiques. A travers des entretiens semis-directifs chez une dizaine d’acteurs (scientifiques, techniciens, politiques et société civile), on cherche à établir quelle compréhension des enjeux éthiques transparait dans leur transposition au débat public.

Enfin, le chapitre 6 propose une conclusion, et revient de manière synthétique et structurée sur les apports des autres chapitres.

Les annexes proposent des documents complémentaires, notamment un index / glossaire, qui permet de mieux situer les termes les uns par rapport aux autres.

Chapter 1

Impacts, risques et mesures

Le changement climatique est à la fois extrêmement incertain, et nécessite des actions et des prises de décisions rapides et de grande envergure. Ce paradoxe a donné naissance à des institutions, comme le CCNUCC ou le GIEC, et à des outils, comme la modélisation intégrée. A chaque fois, l'objectif est de réduire l'incertitude et de favoriser le rapprochement entre l'action politique et la connaissance scientifique. Dans cette introduction, nous introduisons quelques uns des concepts cadres qui nous seront utiles tout au long du mémoire

Les impacts du changement climatique sont de plus en plus présents dans le débat public : sécheresse, inondations, tempêtes font régulièrement les couvertures des journaux, et la plupart des partis politiques français ont pris position sur un programme climatique. C'est là une des spécificités du changement climatique : l'articulation très fine entre une réalité scientifique de plus en plus consensuelle d'une part, et de choix politiques incertains et normatifs d'autre part.

C'est justement la définition classique d'un risque : l'interaction entre un aléa et un enjeu. L'aléa, dans ce contexte, désigne un événement physique dont l'occurrence est possible : une canicule, un ouragan, la montée du niveau de la mer, etc. Un des effets du changement climatique est d'augmenter l'amplitude et la fréquence des aléas. L'enjeu est lié à ce que l'on a à perdre, c'est-à-dire ce qui a de la valeur et qui peut être affecté par la réalisation de l'aléa.

Nous nous intéressons au rôle des fonctions de dommage dans la formation de ces décisions politiques.

Nous tenterons ici de donner des éléments de contexte à la question suivante : Comment les fonctions de dommage des modèles intégrés permettent-elles de prendre en compte les risques climatiques ? Celle-ci s'accompagne d'autres questions : Quels sont les risques climatiques ? Comment sont pris en compte ces risques dans la gouvernance mondiale et nationale ? Et quels outils permettent d'éclairer ces prises de décision ?

Ce chapitre est construit en trois parties. Dans une première partie, nous nous intéresserons aux impacts du changement climatique, en les classant en trois types : les effets de tendance, qui sont linéaires ; les effets ponctuels et catastrophiques ; et les effets de seuil, ou tipping points. Nous aborderons dans une deuxième partie la manière dont les institutions internationales se sont organisées pour faire face à ces risques, et comment ces questions articulent des composantes scientifiques et politiques. Enfin, dans une troisième partie, nous détaillerons certains des outils qui ont été développés pour répondre à ces enjeux : les modèles intégrés, leurs fonctions de dommage et le coût social du carbone.

1.1 Le changement climatique : tendances et impacts

Cette section décrit les impacts du changement climatique et la manière de les prendre en compte

1.1.1 Les effets moyens

1.1.2 Les catastrophes

1.1.3 Les tipping points

Les points de bascule, ou tipping points, sont des évolutions d'un système où celui-ci se comporte différemment.

Les risk tipping points Au-delà de la définition classique du tipping point, l'Université des Nations Unies propose, dans son rapport sur les risques interconnectés, une nouvelle définition des risques interconnectés. Un *risk tipping point*, ou point de bascule des risques, désigne *l'instant où un système socioécologique ne peut plus absorber le risque et réaliser ses fonctions*. Après le passage de ce point de bascule, la possibilité d'un impact catastrophique augmente substantiellement. Six risques sont identifiés comme particulièrement représentatif des effets systémiques d'un driver sur tous les autres : l'accélération de l'extinction de la biodiversité, la réduction de l'eau de surface disponible, la fonte des glaciers, les débris spatiaux, la chaleur trop importante, et un futur qui n'est plus assurable. Parmi ces points de bascule, quatre sont reliés à l'augmentation de la température atmosphérique ou océanique, et quatre à l'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

united nations university - institute for environment and human security unu-ehs interconnected

Ce concept est intéressant pour deux raisons : d'abord, il illustre la complexité des systèmes physiques et sociaux, et la complexité de leur interaction. Ensuite, il montre que la prise en compte d'un impact par le moyen d'un seul mécanisme risque de sous-estimer cet impact, car cela ne permet pas de prendre en compte les réactions en chaînes et les interactions entre les différents impacts.

1.2 Prendre des décisions dans l'incertain : le rapprochement de la science et du pouvoir

1.2.1 Historique des négociations climatiques

1.2.2 Le cadre général : CCNUCC et COP

1.2.3 La synthèse des connaissances actuelles : le GIEC

1.2.4 Loss and damages : dommages, responsabilité et évaluation

1.3 Les outils : de la modélisation intégrée

1.3.1 Les modèles intégrés, ou comment cartographier les dynamiques du monde

1.3.2 Le coût social du carbone

1.3.3 Les fonctions de dommage

[scale=1]

[line width = 2pt, rounded corners=8pt] (0,0) – node[midway, below] Les
premières intuitions () – (-20*1/3) – node[midway, below] L’essor de la
climatologie(0,-20*1/3) – (0,-20*2/3) – node[midway, below] Naissance du
régime climatique(-20*2/3);

(1822) at (0,0.5) 1822; (fourrier) [rectangle, draw, above of = 1822, text
width=3cm, text centered, yshift=2cm] Fourier théorise l’effet de serre
[width=]images/Fourier2.jpg ;

(1859) [right of = 1822, node distance = *1/3] 1859; (tyndall) [rectangle,
draw, above of=1859, text width=3cm, text centered] John Tyndall;

(1896) [right of = 1859, node distance = *1/3] 1896; (farrhenius) [rectangle,
draw, above of=1896, text width=3cm, text centered] Svante Arrhenius;

(1938) [right of = 1896, node distance = *1/3] 1938; (callendar) [rectangle,
draw, above of=1938, text width=3cm, text centered] Guy Callendar;

[fill=blue!20] (0.5,-1) rectangle (2.5,-2); at (1.5,-1.5) Création du GIEC;
[fill=green!20] (7.5,-1) rectangle (9.5,-2); at (8.5,-1.5) Première COP;

Figure 1.1: Caption

Chapter 2

Revue de littérature des fonctions de dommages

Les fonctions de dommage permettent de modéliser les impacts du changement climatique sur d'autres parties du modèle. Elles peuvent varier par leur existence, forme, calibration ou par les paramètres ou secteurs qu'elles prennent en compte. Pourtant, un changement dans ces fonctions peut radicalement faire changer le fonctionnement d'un modèle, et ainsi les résultats et les conclusions qu'on en tire. Cette partie s'intéresse donc aux différentes fonctions de dommage qui existent dans la littérature.

Les modèles intégrés sont ainsi derrière de nombreuses publications qui informent le débat public : rapports du GIEC, Stern Review, revue du coût social du carbone. Ils ont donc un rôle de premier plan dans la prise de décisions sur les questions climatiques, sur les options qu'ils estiment possibles ainsi que sur les conséquences anticipées de telle ou telle action. Un élément clé de cette modélisation est la prise en compte des impacts climatiques.

Les différentes formes de fonction de dommage dans les modèles intégrés

Quelles sont les fonctions de dommages utilisées dans les modèles intégrés ? Et, plus précisément, quels modèles utilisent des fonctions de dommage ? Quels phénomènes sont représentés ? Quelles variables entrent en compte, et comment sont-elles paramétrisées ?

Dans une première partie, nous détaillerons la méthodologie utilisée pour obtenir la base de données des fonctions de dommage. Dans une seconde partie, nous la décrirons avec différentes statistiques descriptives. Enfin, nous aborderons trois points critiques des fonctions de dommage : leur forme; leurs paramètres; et la calibration.

Méthode 1 : Revue de la littérature

Pour obtenir une base de données des différentes fonctions de dommage, nous avons cherché à fusionner plusieurs sources de données. D'abord, l'IAM Consortium publie sur son site internet les documentations de nombreux modèles intégrés, sous la forme d'un wiki. Ces fiches sont rédigées par les équipes des modèles - ce qui permet d'avoir une source primaire sur les informations concernant les modèles - mais sont souvent incomplètes. En revanches, des "cartes", qui détaillent les principales caractéristiques de chaque modèle, sont également disponibles. Ce sont principalement celles-ci qui sont utilisées dans la base de données. Une autre source de données est le fichier des scénarios utilisés par le GIEC. Celui-ci permet d'avoir des informations sur chacun des scénarios soumis pour l'AR6, et d'avoir accès à de nombreuses informations : modèle utilisé, vetted ou non, impacts climatiques pris en compte ou non. A ces différentes sources, on ajoute manuellement des modèles, basée sur une lecture aléatoire de la littérature. Ils comprennent notamment les modèles utilisés par l'agence interagence du coût social du carbone, ceux cités par Souffron et Jacques, ceux utilisés par les SSP, ainsi que d'autres modèles intégrés trouvés par littérature interposée. Le monde de la modélisation est très vaste, les modèles souvent compliqués à comprendre et parfois peu transparents. Ainsi, il a toujours été préféré de se baser sur des sources explicites. Bien qu'un véritable effort pour chercher à avoir une vision sur le plus de modèles possibles, cette étude ne peut pas être considérée comme un recensement exhaustif des modèles intégrés ni de leurs fonctions de dommage.

latex

Une fois cette première liste de modèles obtenue, un premier tri est effectué entre ceux qui intègrent une fonction de dommage et ceux qui n'en intègrent pas. On considère ici les fonctions de dommages explicitement définies telles quelles, bien que d'autres fonctions puissent in fine avoir un comportement similaire. Ainsi, pour certaines, on a une connaissance explicite : par exemple, les fiches de l'IAMC comportent une case sur les impacts modélisés. Pour les autres, on considère qu'elles n'ont pas de fonction de dommage si les termes "damage function" ou "damage" ne sont pas présents dans leur documentation ou les publications associées, et s'il n'est pas fait mention de fonctions de dommage dans d'autres sources.

Pour chaque modèle incluant des fonctions de dommage, on cherche

dans sa documentation la description de ces fonctions de dommage. La plupart du temps, celle-ci comporte une équation et les variables associées. Un script Chat-GPT est alors utilisé sur la partie du document qui est décrit la fonction de dommage. Celui-ci interprète et met en forme (sous la forme d'un tableau CSV) toutes les variables présentes dans cette fonction. Elles sont alors contrôlées visuellement. Cette étape est répétée pour chaque fonction de dommage. Une fois les variables de chaque fonction de dommage d'un modèle identifiées, ce fichier est téléversé dans la base de données, à l'aide du logiciel Airtable, dans la table 'Variable'.

Une fois les variables insérées dans leur table, les fonctions de dommage sont incluses dans la table 'Damage functions'. Chaque fonction est associée à un nom, soit celui-donné dans la publication, soit choisi selon le contexte. Sont également ajoutés le nom du modèle, le numéro de l'équation, l'annotation zotero et le DOI de la publication, afin de pouvoir retrouver rapidement la fonction de dommage. Sont alors ajoutés d'une part les variables qui viennent en entrées de l'équation, et la variable qui sur laquelle l'équation agit.

Enfin, une autre table est ajoutée : celle des risques identifiés par le GIEC. Ceux-ci sont issus du rapport de synthèse de l'AR6, et la classification est faite par l'auteur. Lorsqu'une fonction de dommage décrit un des risques identifiés par le GIEC, elle se voit liée à celui-ci.

- 2.1 La forme : comment représenter un phénomène qui n'existe pas encore ?**
- 2.2 Les paramètres : quel niveau de complexité faut-il ?**
- 2.3 La calibration : un "*tiens*" vaut-il deux "*tu l'auras*" ?**

Chapter 3

Effets des fonctions de dommage sur un modèle

Ce chapitre propose une approche plus économétrique des effets de la modélisation des fonctions de dommage. On utilise le modèle WILIAM, qui pourrait devenir un modèle de référence de la commission européenne, auquel on change les fonctions de dommage. On le fait tourner avec de nombreux scénarios, pour obtenir des résultats. On réalise ensuite une étude économétrique de ces résultats, pour savoir qu'elle paramètre a le plus d'effet sur les résultats du modèle.

Méthode 1 :

On utilise ici le modèle WILIAM. Il s'agit d'un modèle open source, donc il est assez facile de le répliquer, modifier et distribuer. Le code source est disponible sur Github. On réalise une fork du code source, c'est à dire une branche de code. Notre branche de code devient un projet autonome sur lequel on peut travailler de manière semi-indépendante du projet. En effet, les modifications du projet WILIAM ou celles réalisées ici ne s'affecteront pas, à moins que l'on push notre code vers le code principal, ou que l'on pull les nouvelles modifications du code principal vers notre branche. Ces deux opérations peuvent se faire sous supervision, pour s'assurer que l'on n'interagit pas avec différentes parties de notre code, ce qui risquerait de fausser nos résultats.

Dans cette branche, on modifie le code pour qu'il représente les fonctions de dommage. On modélise ainsi plusieurs formes de fonctions de dom-

mage, issues de la revue de littérature évoquée plus haut. On fait tourner le modèle avec ces différentes fonctions de dommage, et en faisant varier aléatoirement les différents paramètres : taux d'actualisation, les différents paramètres qui entrent en compte dans le modèle.

On récupère les résultats et on procède à des analyses économétriques sur les résultats pour voir quels sont les paramètres qui ont le plus influencé les résultats.

Chapter 4

Ethique de la modélisation intégrée

Les choix de modélisation des fonctions de dommage sont lourds de conséquences sur le message que véhiculent les résultats de ces modèles. Ces résultats alimentent le débat public sur les questions climatiques. Vu les enjeux sociaux et sociétaux qui sont à l'œuvre, la pratique de la modélisation implique des questions éthiques importantes. Quelles sont-elles, et comment sont-elles prises en compte ? Cette partie est plus conceptuelle et épistémologique, et cherche à identifier des points d'attention de la modélisation.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et

magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare

ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum

pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit

amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu,
malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Chapter 5

Interprétation des fonctions de dommage dans le monde réel

Cette partie du mémoire s'intéresse à la manière dont les résultats issus de la modélisation intégrée sont interprétés dans le débat public et permettent de prendre des décisions. Plus précisément, on s'interroge sur les utilisations des modèles par divers acteurs de la politique climatique : techniciens, décideurs, journalistes, scientifiques, activistes. Pour cela, on réalise une série d'entretiens semis-directifs. Ils ont pour but de répondre aux questions suivantes : comment est interprétée l'incertitude inhérente aux modèles pour la prise de décision ?

Méthode 1 :

On réalise des entretiens semi-directifs avec des acteurs du débat public sur les questions climatiques. Cette catégorie est volontairement large. On classe ensuite les enquêtés en quatre catégories d'acteurs : les scientifiques, les techniciens, les politiques et la société civile. Les scientifiques désignent les acteurs dont la parole est reconnue comme porteuse d'un message scientifique. Il s'agit généralement de modélisateurs, et parfois d'acteurs gravitant autour des milieux universitaires : comité d'éthique, communication scientifique non-vulgarisée. Les techniciens sont les acteurs d'administrations publiques n'ayant pas de mandats électifs. Il s'agit le plus souvent de spécialistes de sujets spécifiques, qui transcrivent les con-

naissances climatiques en plan d'action ou en texte réglementaires. Les politiques sont tous les acteurs qui sont dotés d'un mandat électif. Leur spécificité est d'être amené à prendre des décisions, à trancher dans des contextes où les conséquences des différentes actions sont soit empreinte d'incertitude soit de choix moraux. Enfin, la société civile désigne les acteurs non-institutionnels qui s'emparent de sujets climatiques. Il s'agit en particulier de journalistes, mais aussi d'activistes ou de personnes engagées dans le monde associatif.

Les entretiens sont du format semi-directif. Une grille d'entretien est soumise aux enquêtés. Cependant, les réponses sont longues et libres, et peuvent donner lieu à des questions inédites. Symétriquement, toutes les questions ne sont pas traitées dans tous les entretiens. Ces entretiens sont ensuite retranscrits. Les réponses aux questions sont taggées selon les idées dominantes qu'elles abordent, ce qui permet ensuite de mieux les rapprocher dans la partie analyse.

Chapter 6

Conclusion