

# Communiquer le changement climatique : un voyage dans les stratégies et plans d'adaptation

## Communicating climate information: travelling through the decision-making process

Femke STOVERINCK<sup>(1)</sup>, Ghislain DUBOIS<sup>(2)</sup>, Bas AMELUNG<sup>(3)</sup>

### Résumé

Les stratégies d'adaptation au changement climatique devraient normalement s'appuyer sur la meilleure information climatique disponible. Or le constat scientifique initial est souvent transformé, interprété, mis en forme par le processus de politique publique. Le message original s'en trouve modifié, et la qualité de sa communication initiale peut d'ailleurs elle-même être discutée. La nature et les effets de ce processus de transmission sur la prise de décision sont encore peu connus. Cet article analyse un ensemble de vingt-cinq initiatives d'adaptation au changement climatique collectées en Europe et en Méditerranée. Il étudie à la fois le type de communication visuelle déployé par les scientifiques, et ces transformations du message dans le processus de prise de décision. Les résultats montrent une sous-représentation des informations sur l'incertitude liée aux projections climatiques et aux analyses d'impact (études ne s'appuyant que sur un scénario ou oubliant la dispersion des résultats). Ils montrent également une fréquente inadéquation entre les objectifs recherchés et le choix des méthodes de visualisation. Ceci entraîne une réflexion sur le besoin d'une meilleure formation à la communication des climatologues, et d'une sensibilisation au climat des décideurs, et rappelle le besoin de stratégies d'adaptation prudentes et robustes.

### Mots-clés

Changement climatique, communication, incertitude, visualisation.

### Abstract

Climate change forces society to adapt. Adaptation strategies are preferably based on the best available climate information. Climate projections, however, often inform adaptation strategies after being interpreted once or several times. This process affects the original message put forward by climate scientists when presenting the basic climate projections, in particular regarding uncertainties. The nature of this effect and its implications for decision-making are as yet poorly understood. This paper explores the nature and consequences of a) the communication tools used by scientists and experts, and b) changes in the communicated information as it travels through the decision-making process. It does so by analysing the interpretative steps taken in a sample of 25 documents, pertaining to the field of public policies for climate change impact assessment and adaptation strategies. Five phases in the provisioning of climate information are distinguished: pre-existing knowledge (i.e. climate models and data), climate-change projection, impact assessment, adaptation strategy, and adaptation plan. Between the phases, climate information is summarized and synthesised in order to be passed on. The results show that in the sample information on uncertainty is under-represented: e.g. studies focus on only one scenario, and/or disregard probability distributions. In addition, visualization tools are often used ineffectively, leading to confusion and unintended interpretations. Several recommendations are presented. A better training of climatologists to communication issues, but also a training to climatology for decision makers are required, as well as more cautious and robust adaptation strategies, accounting for the uncertainty inherent to climate projections.

### Keywords

Climate change, communication, uncertainty, visualization.

(1) Université de Wageningen.

(2) Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines/TEC Conseil.

(3) Université de Wageningen/Environmental System Analysis.

## Introduction

En raison de l'inertie du système climatique, l'adaptation au changement climatique est au moins en partie inévitable, quelle que soit la sagesse dont nous ferons preuve pour modérer nos émissions de gaz à effet de serre. Très dépendante d'un contexte local, cette adaptation se construit à partir de données d'observations et de projections du climat futur, généralement produites par des scientifiques.

Il existe une offre et une demande d'information climatique, que les futurs « services climatiques » doivent s'efforcer de rapprocher. Du côté de l'offre, les données sur le climat sont produites sur des scènes scientifiques dominées par la modélisation, notamment à partir de l'association de modèles globaux du climat et de méthodes de descente d'échelle. Les résultats sont techniques, statistiques, probabilistes, avec un travail de fond sur les incertitudes, et un processus de communication conditionné par les contraintes de la publication scientifique dans les revues à comité de lecture, et finalement peu d'incitations professionnelles à apprendre à communiquer à l'extérieur, en dépit d'une demande sociale liée au changement climatique. Du côté de la demande, les parties prenantes au processus d'élaboration des politiques d'adaptation ont peu de temps pour s'immerger dans la production scientifique, et doivent souvent lutter avec le jargon scientifique. De plus, il peut arriver que l'information scientifique soit en « compétition » avec d'autres sources d'information – celle liée au processus de consultation publique par exemple – et ne soit pas considérée comme prioritaire [Tribbia and Moser, 2008]. Il y a donc une inadéquation entre, d'une part, de la donnée brute et souvent inaccessible et, d'autre part, une demande d'information localisée et accessible. La rencontre entre l'offre et la demande n'est ni spécifiée ni formalisée, et se fait souvent au cas par cas.

C'est cette volonté d'accroître et d'améliorer la qualité de l'interaction entre producteurs et utilisateurs de l'information climatique qui a conduit l'organisation météorologique mondiale à lancer le développement d'un « cadre mondial sur les services climatiques » [WMO, 2009], officiellement présenté au congrès mondial sur le climat d'octobre 2012. Son objectif est « la mise à disposition de par le monde d'une information et de prédictions climatiques scientifiques pertinentes, pour la gestion du risque climatique et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique » [WMO, 2009 : vii]. Ses quatre composants principaux sont un mécanisme d'interaction avec les utilisateurs, un système mondial de service climatique, la recherche climatique, et l'observation et le suivi. L'effort est censé porter sur les deux premiers éléments.

À partir d'un échantillon de 25 documents appartenant au champ des études d'impact et des stratégies d'adaptation au changement climatique, cet article étudie la transmission de l'information climatique des scientifiques du climat aux décideurs.

L'objectif est d'analyser la traduction progressive du message scientifique pour le rendre appropriable aux décideurs, avec trois questions clés : comment et avec quelles modifications l'information circule-t-elle dans les différentes étapes d'une politique d'adaptation, comment la question de l'incertitude est-elle communiquée, et comment l'information climatique est-elle visualisée ?

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de recherche européen (7<sup>e</sup> PCRD) CLIM-RUN (*Climate Local Information in the Mediterranean Responding to User Needs*). Il est issu du mémoire de fin d'étude de MSc in Environmental Science de Femke Stoverinck, mené chez TEC Conseil pour l'université de Wageningen (Pays-Bas).

## Communiquer le climat : incertitude et visualisation

Il existe dans le monde très peu de lignes directrices ou de cadres réglementaires régissant la production de la connaissance climatique et son application dans les stratégies et plans d'adaptation. Si la météo et ses prévisions sont bien ancrées dans les esprits, les enjeux liés au climat et à ses évolutions restent encore mal compris. En France, la loi Grenelle de 2010 a rendu obligatoire pour toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants l'établissement d'un Plan climat énergie territorial (PCET), comportant un volet d'adaptation au changement climatique, mais sans plus de recommandations sur le type d'information climatique à mobiliser. Cette connaissance était originellement essentiellement produite au sein des instituts météorologiques nationaux, des universités et des centres de recherches. En raison d'une croissance de la demande, les bureaux d'études, mais aussi les institutions locales (observatoires du changement climatique) et les ONG, développent des compétences en termes d'acquisition et de traitement des données climatiques, au risque d'un développement relativement incontrôlé, qui pose des questions de rigueur et de précautions dans l'analyse [Dubois, 2011]. Face à ce constat, les institutions nationales essaient d'imposer des portes d'entrée et des standards : le portail DRIAS « Les futurs du climat » développé par Météo France se veut le portail unique de mise à disposition de données sur le climat futur. Le rapport de la mission Jouzel sur les scénarios climatiques de référence essaie également de proposer un jeu de projections climatiques et d'indicateurs adaptés au cas français. Il faut cependant noter que si ces initiatives de standardisation répondent à un besoin louable de canaliser la demande et de mutualiser les efforts, elles ne font pas toujours l'unanimité des scientifiques, qui regrettent un enfermement possible dans un nombre trop limité de sources de données.

Les acteurs publics et privés en charge des actions d'adaptation rencontrent des difficultés d'assimilation de l'information climatique [WMO, 2009 ; Changnon, Lamb et Hubbard, 1990], en raison de dif-

difficultés d'accès à la donnée, de contraintes de format, et plus généralement de la grande technicité nécessaire à l'interprétation de ces données. Les producteurs de données sont aussi confrontés à un certain nombre de défis. Ils doivent fournir la donnée de manière à ce que celle-ci soit compréhensible et claire pour les décideurs, mais aussi être garants de la rigueur scientifique de cette donnée. Ils sont en quelque sorte pris dans un dilemme : faut-il favoriser la rigueur, au détriment de l'utilité sociale, ou le contraire ? Chercher un équilibre entre ces deux termes, gagner sur les deux plans est parfois possible, mais reste une tâche difficile [Dubois, 2011].

Deux questions font partie de ce dilemme : l'incertitude et la visualisation :

- alors que les décideurs recherchent avant tout un caractère opérationnel et utile à l'action, les scientifiques cherchent à établir des preuves, à mesurer des probabilités et des incertitudes [McNie, 2007]. La question de l'incertitude est une question centrale dans le domaine des projections climatiques, celles-ci étant par nature incertaines, ce qui peut nuire à leur bonne communication, et a pu nourrir le climatoc-scepticisme [Dessai et Van der Sluijs, 2007] ;
- visualiser l'information climatique peut améliorer sa communication. L'objectif recherché est de permettre une communication rapide sur des messages clés et des constats synthétiques. Mais la visualisation peut aussi avoir des inconvénients [Nicholson-Cole, 2005], et la question de son impact effectif sur la prise de décision a peu été étudié [Lurie et Mason, 2007].

### Communiquer l'incertitude

La plupart des gens préfèrent que la notion de probabilité d'un événement donné soit communiquée par des mots plutôt que par des nombres [Patt et Dessai, 2005]. C'est pour cette raison que le GIEC a développé une méthodologie permettant de traduire en mots des probabilités quantitatives. Par exemple, « très vraisemblable » signifie plus de 90 % de probabilités d'occurrence. Ceci introduit cependant un sens très différent au terme « vraisemblable » que dans la vie quotidienne, d'où l'utilisation des guillemets ou de l'italique dans les rapports du GIEC. Dans « la vraie vie », les gens ont par exemple tendance en particulier à sous-estimer la probabilité d'événements à petite échelle, et de surestimer la survenue d'événements plus marquants [Patt et Schrag, 2003]. Il en résulte que les descriptions qualitatives sont interprétées de manière très différente [Katz, 2002 ; Budescu, Broomell et Por, 2009], et les constats du GIEC pourraient parfois être mal compris [Patt et Schrag 2003 ; Ekwurzel, Frumhoff et McCarthy, 2011]. Une bonne pratique, quitte à alourdir le texte, pourrait être de rappeler systématiquement la fourchette de probabilité quantitative [Budescu, Broomell et Por, 2009].

Patt et Schrag [2003] ont montré que des études d'impact du changement climatique omettent les infor-

mations jugées trop incertaines, ou ne mesurent pas l'incertitude liée aux résultats présentés : on ne présente, par exemple, que des évolutions moyennes, sans mentionner les extrêmes ou les scénarios moins probables. Le résultat est une information incomplète, qui prive le décideur d'une vision claire du « champ des possibles ».

L'incertitude peut être exprimée de manière simple (moyenne et extrêmes), ou avec des méthodes plus sophistiquées (courbes de distribution des probabilités, etc.). Les secondes sont plus difficiles à communiquer [Patt et Dessai, 2005] bien qu'elles contiennent une information plus adaptée à une prise de décision rationnelle [Katz, 2002]. Il s'agit alors d'aider les décideurs à s'approprier le langage des probabilités, et sa « résonance » avec la vie de tous les jours [Patt et Schrag, 2003].

### La visualisation de l'information climatique

La visualisation de l'information climatique, par exemple par des cartes, des graphiques, des animations ou des cartes en 3D, devient de plus en plus importante en raison de la place donnée aux images dans nos sociétés [Robins, 1996].

Manier ces outils n'est pas toujours aisé, en dépit du réel potentiel d'amélioration de la communication qu'ils permettent... à condition d'éviter certaines erreurs. En dépit d'un stock de connaissances et de recommandations accumulées dans d'autres domaines, ces recommandations ne sont pas toujours appliquées dans le domaine du climat, et des défauts notables subsistent [Kelleher et Wagoner, 2011].

Il est par exemple connu qu'un lecteur donnera plus de poids à l'information graphique qu'au texte qui l'accompagne [Lurie et Mason, 2007]. Le choix des couleurs (vert = « bien », rouge = « pas bien ») peut influencer le jugement du destinataire. Le choix d'un type d'outil (carte, graphique...) dépend de l'objectif recherché [Daniel, 1999 ; Nicholson-Cole, 2005]. Cleveland et McGill [1997] ont par exemple montré que les gens assimilent et comprennent mieux des longueurs (une ligne, une barre) que des surfaces ou des couleurs. Il s'ensuit que si les cartes sont attractives et « décoratives », elles ne sont pas toujours adaptées à la prise de décision [British Department of Environment, Food and Rural Affairs, 2011].

Il y a eu peu de recherches menées sur le lien entre outils de visualisation et prise de décision. En particulier, la visualisation simplifie souvent et risque de faire disparaître le message sur l'incertitude et la probabilité, alors que c'est justement ce dont ont besoin les décideurs [Wittenbrink et al., 1995]. D'un côté, la visualisation a un intérêt pour la sensibilisation, la synthèse et la vue d'ensemble du problème climatique [Lurie et Mason, 2007]. De l'autre côté, elle peut créer des biais et baisser la qualité de la décision en attirant une attention excessive sur un élément particulier du problème [Glazer, Stechkel et Winer, 1992 ; Jarvenpaa, 1990 ; Mandel et Johnson, 2002].

## Méthode

Dans le cadre de cette étude, l'information climatique est définie comme « la connaissance sur le climat futur communiquée, sous forme écrite, entre les scientifiques et les autres acteurs impliqués dans la prise de décision, au sein d'études portant sur les projections, l'analyse des impacts et/ou l'adaptation au changement climatique ». L'information est considérée comme avoir été communiquée uniquement si elle est mise à disposition du public (en règle générale sur des sites Internet institutionnels). La littérature grise n'a donc pas été prise en compte.

Un échantillon de 25 initiatives d'adaptation au changement climatique a été collecté, avec une méthode non probabiliste, proche du *judgment sampling* [Deming, 1990]. Les documents sont notamment tirés du portail de l'agence européenne de l'environnement sur l'adaptation au changement climatique<sup>(1)</sup>, mais aussi collectés grâce à un appel à contribution auprès des partenaires du projet CLIM-RUN, enfin par une recherche sur Internet des projets sur les impacts et l'adaptation publiés par les institutions scientifiques ou les structures gouvernementales. Ils forment un corpus de documents présentant des projections climatiques, des diagnostics de vulnérabilité, des stratégies et des plans d'adaptation, avec souvent une origine gouvernementale. Ils sont de taille variable, avec un recours à l'illustration et aux données chiffrées également très différent. Une analyse de contenu a ensuite été réalisée sur cet échantillon, à partir d'une grille d'analyse commune permettant une comparaison rigoureuse. Plusieurs options étaient envisageables : compter des mots-clés, comparer la structure, la forme, le style, les méthodes déployées. Ici, étant donné l'objectif d'étudier la communication, et en particulier la visualisation, un certain nombre de critères concernent les figures (nombre de cartes et graphiques, types de graphiques, codes couleurs...).

Trois types de critères ont permis de réaliser cette analyse de contenu.

- Des critères généraux : catégorisation des auteurs/éditeurs du document (plus ou moins proches du champ scientifique ou du champ institutionnel) ; caractérisation des cinq phases d'une politique d'adaptation : connaissance scientifique préalable, projections climatiques, analyse des impacts, stratégies d'adaptation, plan d'action ; présence ou absence de l'information climatique au sein de ces phases ; type d'information présente (paramètres climatiques, moyennes ou extrêmes...).
- Des critères sur la prise en compte de l'incertitude :
  - présence ou non d'un message sur l'incertitude,
  - part de la chaîne d'incertitude prise en compte (de celle liée aux scénarios d'émission à celle

liée aux modèles d'impacts, en passant par l'incertitude épistémique des modèles climatiques),

- nombre de modèles et de scénarios pris en compte dans la phase de projections climatiques, présence d'une information sur les extrêmes (tempêtes...),
- horizons temporels de référence, puisque les contributions respectives des différentes formes d'incertitudes varient selon cet horizon. L'incertitude liée aux modèles dominerait sur celle liée aux scénarios socio-économiques de référence jusqu'à l'horizon de trois à quatre décennies [Hawkins et Sutton 2009], alors que la part de la variabilité naturelle (incertitude liée aux conditions initiales du modèle et dépendant du caractère chaotique du climat) est toujours débattue, et serait variable selon les domaines spatiaux et les horizons temporels choisis [Deser et al. 2012a, b].

- Des critères permettant d'analyser le type de visualisation : utilisation ou non d'éléments graphiques en appui du texte, types de graphiques, caractéristiques (couleurs, épaisseur des lignes...).

Cet exercice présente un certain nombre de limites :

- ne sont pas analysés, ou de manière indirecte, les choix initiaux ayant conduit à sélectionner telle ou telle information comme communicable ;
- les documents ne répondant pas à une forme réglementaire ou à une standardisation précise, l'échantillon est très hétérogène, ce qui peut rendre la communication difficile ;
- l'analyse ne porte que sur le contenu, sans se poser la question des conséquences de cette communication, c'est-à-dire de sa compréhension potentielle par le lecteur.

## Résultats

### La circulation de l'information dans le processus de prise de décision

Avec la montée en puissance des préoccupations liées au changement climatique, l'information climatique s'est infiltrée dans toutes les couches de la société. Nous sommes « tous climatologues », et le besoin de sensibiliser sur ces questions scientifiques complexes est au cœur du débat sur le climat-scepticisme. Au-delà de cet aspect, non central ici, on peut conceptualiser l'élaboration d'une politique d'adaptation en cinq phases (figure 1).

**a. Connaissance préexistante.** La climatologie et les sciences naturelles dominent cette phase pendant laquelle les scientifiques tentent de comprendre

(1) <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/national-adaptation-strategies> Now replaced by the *Climate-ADAPT* portal <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

le système climatique et ses interactions avec les activités humaines, l'ensemble générant des bases de données d'observation et des modèles prédictifs, avec un objectif de spatialisation permettant l'analyse des impacts.

**b. La phase de projection climatique** implique généralement des scientifiques, mais avec une présence croissante d'acteurs intermédiaires (consultants, bureaux d'étude, organismes techniques) et idéalement (mais rarement) une association des décideurs aux choix méthodologiques effectués. En effet, ces choix ne sont pas neutres : retenir un horizon temporel proche ou plus éloigné, sélectionner ou non les scénarios socio-économiques de fortes émissions de GES qui conduisent à des impacts plus ou moins forts du changement climatique, peuvent conduire à un constat plus ou moins alarmiste et donc conditionner largement les choix stratégiques pris ultérieurement. En tous les cas, il peut s'agir ici de la simple mise en forme de jeux de données climatiques « de référence » (avec des débats sur la légitimité de cette « référence ») préexistants, de la réalisation de modélisations ou de projections *ad hoc*, ou d'exercices intermédiaires, dans lesquels les acteurs sont associés au choix des horizons et des paramètres significatifs [Dubois, 2011].

**c. La phase d'analyse des impacts.** À partir des projections climatiques, les impacts sont analysés pour un ou plusieurs secteurs, avec plusieurs méthodes possibles, pouvant se combiner à différentes doses : de la modélisation (le couplage d'un modèle hydrologique avec un modèle climatique, par exemple, pour analyser un risque d'inondation), la référence à la bibliographie pour des cas similaires, mais aussi la consultation des acteurs locaux qui s'avère souvent incontournable. La vulnérabilité, mais aussi

la capacité d'adaptation spontanée des sociétés, sont estimés à cette phase.

**d. La phase de stratégie d'adaptation.** Ici, les « décideurs », ou en tous les cas les acteurs institutionnels et socio-économiques inclus dans le processus de décision, par exemple dans le cadre d'un comité de pilotage, prennent le pas sur les scientifiques. Il s'agit de dégager des orientations consensuelles sur les grandes orientations de l'adaptation.

**e. La phase de plan d'adaptation** s'organise souvent à partir d'une liste d'actions ou de fiches, accompagnées ou non d'indicateurs permettant leur évaluation.

Ce schéma théorique n'est pas toujours respecté, en particulier parce que l'adaptation peut aussi être très empirique et partir d'expériences de terrain au fil de l'eau. En pratique, on constate que dans certains cas le travail débute par l'élaboration d'une première stratégie ou d'un premier plan d'action, même en l'absence de connaissances scientifiques, quitte à inscrire comme première action « l'amélioration des connaissances », et à amender cette stratégie au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances. Par ailleurs, ne sont étudiées dans cet article que les phases b, c et d, qui sont des phases d'interaction/communication entre scientifiques et décideurs, au sein desquelles l'information scientifique a un rôle central. Les résultats de la phase a ne font en général l'objet que d'une communication scientifique, et ceux de la phase e sont relativement indépendants de l'information climatique. La figure 1 résume ce processus de décision.

La circulation de l'information climatique dans ce processus de politique publique ne pose pas qu'une question de « bonne » ou de « mauvaise » communi-

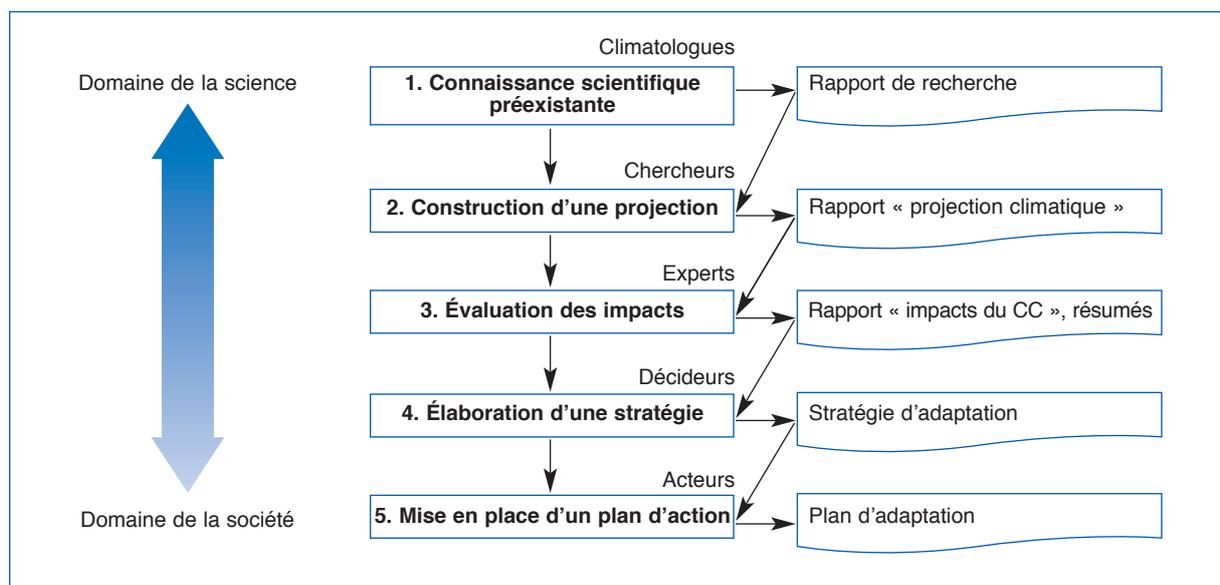


Figure 1.

Phases d'un processus d'adaptation (Source : auteurs).

[Framework of phases in the process.](#)

## Étude de cas : Irlande

## Document de projection climatique et d'analyse des impacts

For the mean January temperature "a general increase of approximately 1.5°C is apparent ..." and the mean July temperature "increases of approximately 2°C..."

"For the production of downscaled climate scenarios, given the known uncertainties in GCM predictions, it would have been desirable to utilize a variety of different models in this exercise. In this way, by averaging the output, a composite pattern might be expected to produce a better estimate of future climate change, minimizing a range of possible errors. Practical considerations dictated that a climate scenario using one GCM only would be constructed in this study" [Environmental Protection Agency, 2003, p. 22].

## Phase de stratégie d'adaptation

"These scenarios anticipate that by 2050 there will be an increase in January temperatures of 1.5°C... July temperatures will increase by approx 2.5°C" [Irish Department of the Environment, Heritage and Local Government, 2007, p. 44].

## Commentaire

Le document scientifique relatif aux projections utilise un langage beaucoup plus prudent et traite de l'incertitude, avec des précautions d'usage liées au fait qu'un seul modèle global de climat a pu être utilisé. La stratégie d'adaptation utilise un ton nettement plus affirmatif, et utilise « will » au lieu de « apparent ». La notion d'approximation disparaît d'une phase à l'autre, et l'augmentation de la température du mois de juillet passe de +2°C à +2,5°C.

cation, mais traduit un dilemme : les documents doivent être à la fois rigoureux scientifiquement et utiles socialement, c'est-à-dire compréhensibles [Dubois 2011]. La nécessité de synthétiser les constats implique forcément des choix, et ce sont ces choix qui nous intéressent ici.

Au sein de notre échantillon, trois des vingt-cinq documents ne présentent aucune information clima-

tique : les trois sont des stratégies d'adaptation, produites à la fin du processus décrit plus haut. Bien qu'il ait parfois été difficile de collecter tous les documents produits pendant une initiative d'adaptation, deux documents ont permis de montrer l'impact du fait de résumer et synthétiser sur la perte d'information climatique. Les lecteurs, par un phénomène de « téléphone arabe » sont progressivement privés d'une

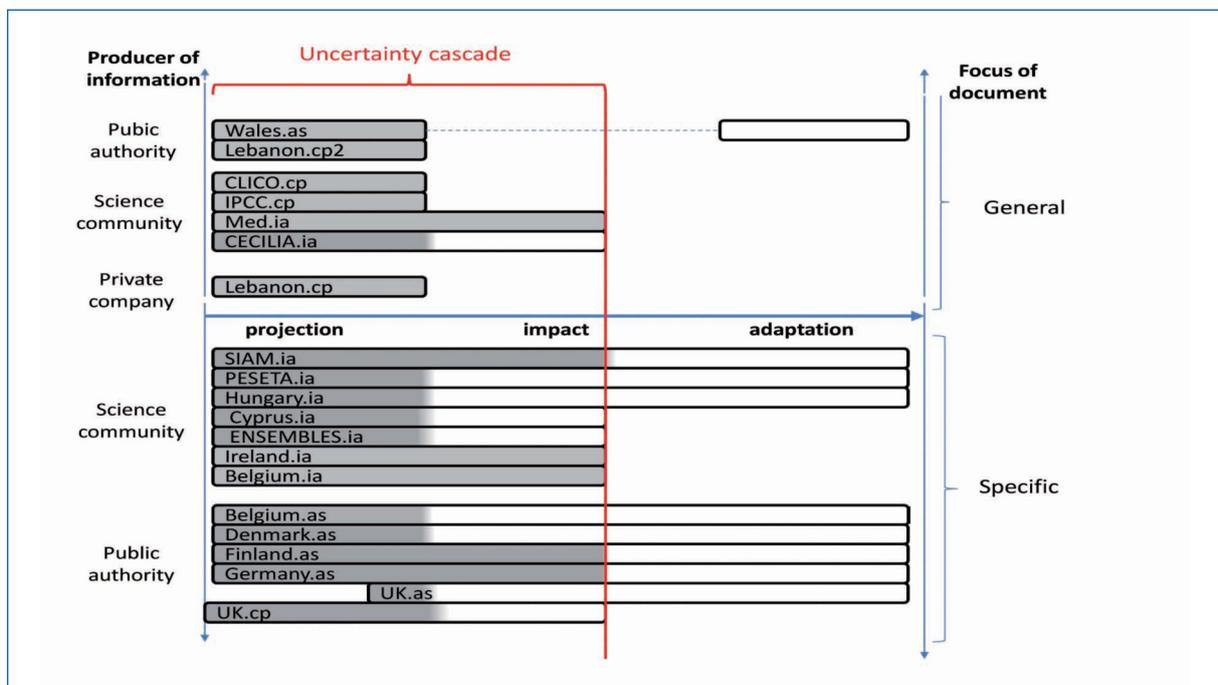


Figure 2.

Représentation de l'incertitude dans l'échantillon.

Representation of uncertainty cascade in sample.

Types de documents. as : adaptation strategy, cp : climate projection, ia : impact assessment

La ligne verticale rouge montre le type d'incertitude qui devrait être prise en compte, à mettre en regard de l'objectif du document considéré. Chaque ligne correspond à l'un des documents, et le remplissage en grisé de sa boîte montre jusqu'à quel point il couvre de manière satisfaisante ou non la question d'incertitude.

Tableau I.  
Caractérisation des projections présentées.  
Characterisation of climate projections presented.

	Prise en compte des extrêmes	Pas de prise en compte des extrêmes	Total
Dispersion des projections	5 (23 %)	5 (23 %)	10
Moyenne des projections	10 (45 %)	2 (9 %)	12
Total	15	7	22

information essentielle appelant à une certaine prudence en termes d'adaptation. L'encadré ci-dessus concerne le cas de l'Irlande en reprenant des phrases contenues dans les différents livrables.

### Une sous-représentation de l'incertitude

Cinq documents sur vingt-cinq ne présentent aucun message sur l'incertitude, que ce soit en termes généraux, ou en lien avec des projections climatiques. Il semble que lorsqu'aucune information climatique n'est présentée, le message sur l'incertitude pourtant inhérent à toute démarche d'adaptation disparaisse avec elle.

Vingt documents discutent ou au moins mentionnent cette notion d'incertitude. Quatorze se concentrent seulement sur la première partie de la « cascade d'incertitude », c'est-à-dire celle liée aux projections climatiques (choix des modèles et des scénarios d'émission les alimentant). Pour cinq de ces documents, qui n'ont d'autre objectif que de présenter une projection climatique, ce n'est pas un problème. Cependant, pour les neuf autres, qui comportent aussi une présentation des impacts du changement climatique, c'en est un, puisque le fait de dériver d'un paramètre climatique un impact (par exemple un risque d'inondation ou l'évolution d'un rendement

agricole) est aussi un exercice incertain. Au final, près de la moitié des documents (9 sur 20) ne mentionnent pas de manière appropriée l'incertitude. La figure 2 essaie de visualiser ce résultat.

La moitié des documents (onze sur vingt-deux) ne prennent en compte qu'un seul scénario socio-économique d'émissions de gaz à effet de serre. Ceci est moins important lorsque l'horizon temporel est assez proche (avant 2050), beaucoup plus quand la stratégie d'adaptation se préoccupe du très long terme (2050 à 2100), ce qui est le cas pour neuf documents.

Une autre façon de considérer l'incertitude concerne l'analyse de la dispersion des avenir possibles. Dans ce domaine, la moitié des documents ne se contentent que de mentionner la moyenne des projections, ce qui est évidemment une information très imparfaite : rien ne dit d'ailleurs que la moyenne d'un ensemble de projections soit plus probable qu'une autre valeur de cet ensemble.

Enfin, bien que les extrêmes climatiques (événements extrêmes dévastateurs) soient *a priori* moins probables, il est important de les considérer étant donné l'importance de leurs dommages potentiels. Tous les documents ne traitent pas de ce point. Le tableau 1 résume les types de projections utilisés dans l'échantillon étudié.

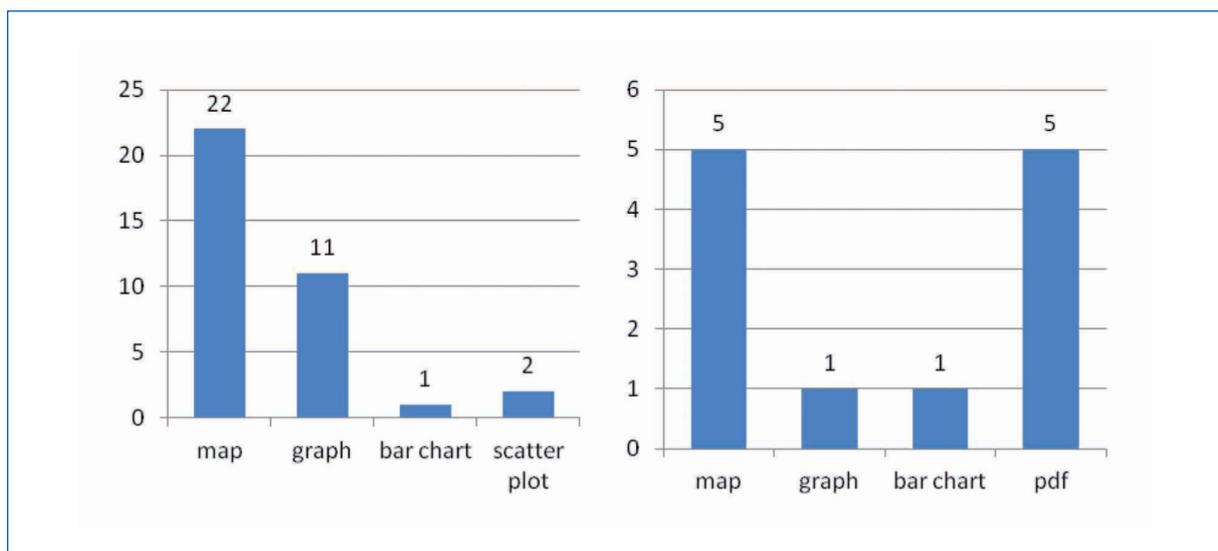


Figure 3.

Répartition des outils de visualisation en fonction de leur objectif. Gauche : outils utilisés pour représenter une projection climatique (n = 36). Droite : outils utilisés pour visualiser une information sur l'incertitude (n = 13).

Distribution of visualization tools according to their purpose. Left: visualization tools used to visualize a projection, N = 36. Right: visualization tools used to communicate the general message on uncertainty, N = 13.

Tableau II.  
Fréquence des couleurs utilisées pour des hausses ou baisses de température et de précipitation.  
Frequency of colours used for a decrease or increase of temperature and precipitation.

Baisse de température	Fréquence	Hausse de température	Fréquence
Vert	1	Rouge	7
Bleu	1	Baisse	2
		Jaune à rouge	1
		Blanc à rouge	1
Bleu (hausse et baisse)	3	Bleu (hausse et baisse)	3
Baisse de précipitation	Fréquence	Hausse de précipitation	Fréquence
Rouge	4	Bleu	3
Bleu	1	Vert	2
Jaune à rouge	1	Rouge	1
Marron	1	Bleu à vert	1

### Des outils de visualisation parfois contre-productifs

La visualisation de l'information climatique peut avoir deux objectifs : présenter une projection ou communiquer un message sur l'incertitude.

Au sein de l'échantillon global, on note une domination (figure 3) des cartes colorées (27 cartes sur 49 modes de visualisation recensés), suivies par les courbes (12 sur 49). On retrouve la même répartition quels que soient les auteurs des documents (scientifiques ou institutionnels). La carte est largement préférée pour représenter des projections, alors qu'elle arrive à part égale avec les courbes de distribution de probabilités (PDFs) lorsqu'il s'agit de représenter l'incertitude.

Les codes couleurs choisis ne sont pas homogènes et parfois surprenants (voir tableau 2). Il n'y a, par exemple, pas de règles, de standard concernant la température. Une baisse de température peut être représentée en vert ou en bleu. Le rouge est souvent utilisé pour indiquer un climat plus chaud, on trouve cependant des exemples où le bleu est utilisé ! Certaines échelles utilisent parfois différentes nuances de bleu, pour passer de l'augmentation à la diminution, alors que la présence du zéro devrait induire un changement de couleur. Dans un cas particulier, l'échelle de réchauffement commençait par du blanc pour indiquer un léger réchauffement, alors que le blanc devrait être réservé à l'absence de données ou d'évolution [Kelleher et Wagener, 2011]. De la même manière pour les précipitations : on retrouve fréquemment dans l'échantillon une échelle inverse à celle des températures : une diminution est indiquée en rouge (en allusion à la sécheresse), une augmentation en bleu (la couleur de l'eau).

Cette dominance de l'échelle rouge/bleu peut créer une certaine confusion. Au sein de l'IPCC, le

rouge et le bleu sont utilisés pour la température, le vert et le marron pour les précipitations [IPCC 2010]. L'idée est de relier ces couleurs au sens commun : chaud (rouge, comme dans les robinets par exemple), froid (bleu), végétation favorisée par la pluie (vert), sécheresse liée au manque de précipitation (marron).

### Discussion

Cette description quantitative de notre échantillon permet une discussion critique sur les modes de communication les plus adaptés aux spécificités de l'information climatique.

#### Les conséquences de la visualisation

Le cerveau humain accorde plus d'importance à l'information visualisée qu'à l'information textuelle. Par conséquent, il faut être conscient que le choix de l'information à visualiser n'est pas neutre, mais va influencer l'impression générale du lecteur. Par exemple, onze documents de l'échantillon ne représentent qu'une seule projection climatique<sup>(2)</sup>. Ceci peut conduire à faire oublier le fait qu'il existe d'autres projections climatiques, donnant des visions de l'avenir différentes, quand bien même cette information serait présente dans le texte.

#### Cartes ou graphiques ?

Les figures 4 et 5 illustrent l'idée selon laquelle les cartes ne sont pas nécessairement adaptées à la prise de décision. La figure 4, extraite de la stratégie allemande d'adaptation au changement climatique, montre qu'il y a de fréquentes contradictions entre la façon dont une information est communiquée et la façon dont elle est perçue. Cette figure est censée

(2) Avec deux cas de figure : soit l'exercice entier n'est basé que sur une projection, par exemple à cause de restrictions en termes de temps ou de finance, ou bien plusieurs projections sont représentées, mais seulement la « plus probable », la moyenne ou la médiane est représentée. Tous les documents ne sont pas clairs sur ce point.

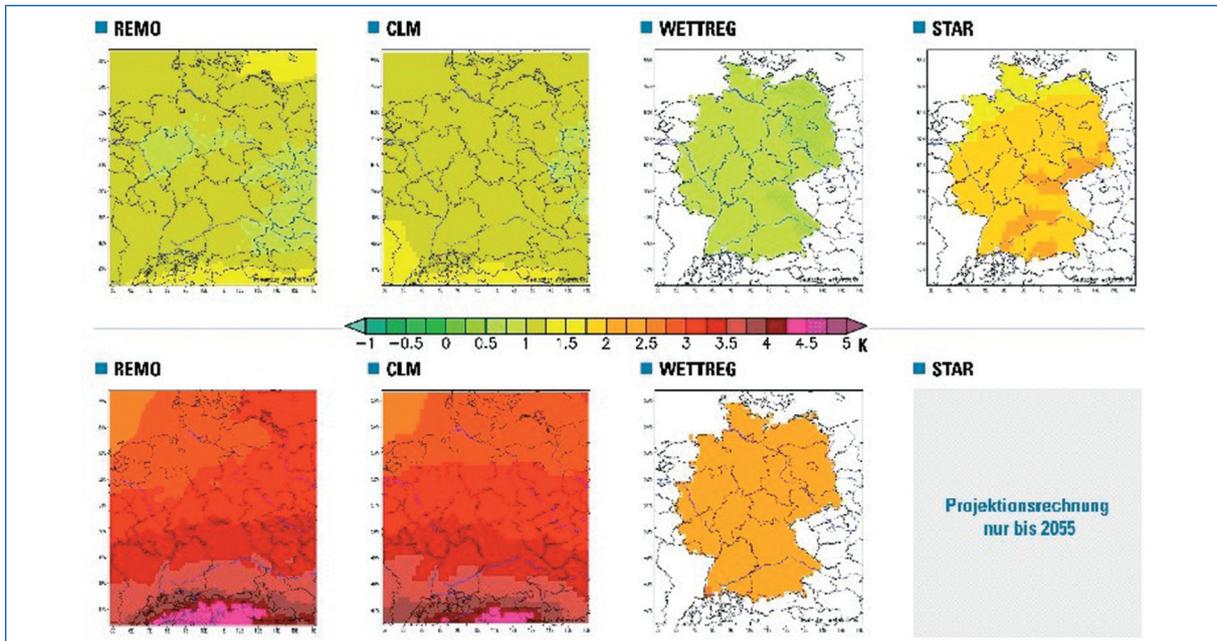


Figure 4.

Variation de température pour les périodes 2021-2050 (rangée du haut) et 2071-2100 (rangée du bas) par rapport à la période 1961-1990 (source : German Federal Government, 2008).

Projected change in mean temperature in Germany for the periods 2021-2050 (top rows) and 2071-2100 (bottom rows) measured against 1961-1990.

montrer la tendance du changement climatique futur. Cependant, le message général qui s'en dégage plus probablement est que les modèles, pris individuellement, divergent dans leurs résultats. Le lecteur est sans doute capable de discerner une tendance à un réchauffement général en Allemagne. Mais discerner l'intensité de ce réchauffement – combien de degrés – est beaucoup plus difficile, car cela demanderait au lecteur de calculer la moyenne des cellules de chaque grille. De la même manière, détecter les

incertitudes générales et locales demanderait d'analyser chaque carte en détail. La figure 6, extraite de la stratégie finlandaise d'adaptation, montre un message beaucoup plus clair : d'une part, les différentes valeurs du réchauffement et, d'autre part, l'incertitude liée à la dispersion des résultats.

Cet usage des cartes à la fois excessif et erroné (voir figure 3) par les climatologues peut être lié à différents facteurs : peut-être l'influence de la géographie sur la climatologie, mais aussi à cause des outils

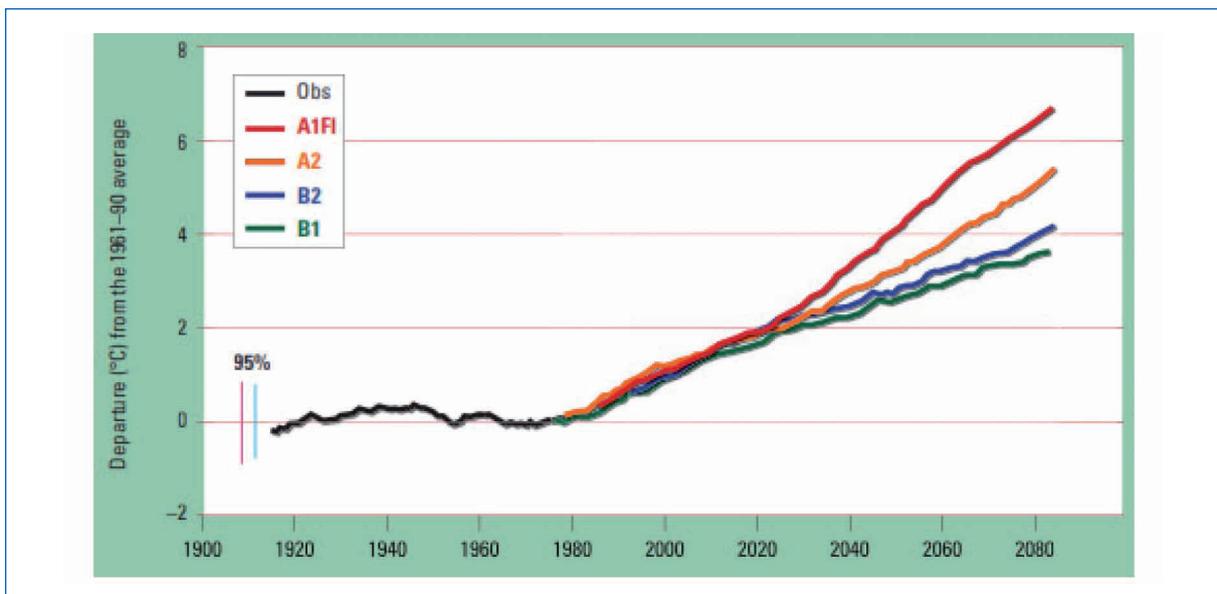


Figure 5.

Variation de température par rapport à la période 1960-1990 (source : Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2005).

Projected changes in Finnish mean temperature as deviation from the average in 1961-1990.

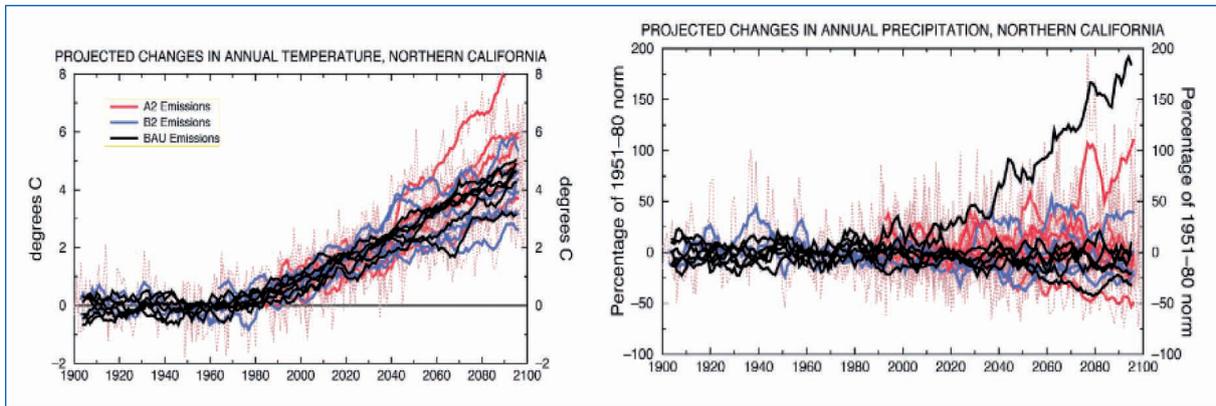


Figure 6.

Exemples de « Spaghettis » : projection de températures (gauche) et de précipitations (droite) (source : Dettinger, 2005).  
An example of spaghetti. Left: temperature. Right: precipitation.

informatiques utilisés. Des outils comme netCDF, fréquemment utilisés pour traiter la donnée climatologique, permettent de créer des cartes très rapidement, alors que produire des graphiques demande plus de traitement (extraire les données, calculer des moyennes, réaliser les graphiques...).

### Types de graphiques

Dettinger [2005] donne un très bon exemple d'erreur d'interprétation liée à la visualisation d'une donnée. Pour représenter un ensemble de projections, les graphiques combinant des lignes erratiques et entremêlées, surnommées « spaghettis », sont souvent utilisés. Notre cerveau a tendance à être attiré par les lignes extérieures qui sont plus visibles, plus vives, ce qui minore l'importance des lignes superposées [West, 1996 ; Lurie et Mason, 2007] [Dettinger, 2005]. La figure 6 montre deux graphiques spaghettis pour des projections de température et de précipitation. Il semble ressortir de ces graphiques que la température va évoluer dans un sens plus uniforme que les précipitations. En outre, il semble qu'il y ait un risque d'un climat plus humide. Cependant, quand ces projections ont été présentées cette fois sous la forme d'une fonction de distribution de proba-

bilité (PDF), il en ressort un tout autre message. Alors que ce sont les mêmes données, le message (figure 7) est inversé : la tendance suivie par les précipitations est plus homogène que celle des températures, et la tendance générale est celle d'un climat plus sec.

### Lisibilité

Les résultats mettent en évidence un besoin de finaliser les « prototypes » de graphiques développés par les scientifiques, pour une meilleure communication vers un public large. Un ensemble de détails peut finir par changer complètement la performance de la communication : la présence d'une échelle, du nom des grandes villes permettant au lecteur de se situer, la taille des polices, la présence d'acronymes développés (« Hiver » au lieu de « JFM », par exemple) en font partie. Un autre exemple est donné par l'utilisation de logiciels de graphisme permettant d'introduire des explications au sein d'un graphique technique. Par exemple, quand les scientifiques traitent d'incertitude, une courbe PDF est un bon outil (voir figure 8). Elle donne une information statistique rigoureuse, qui sera très utilement améliorée par l'usage de flèches et d'annotations permettant une interprétation plus facile.

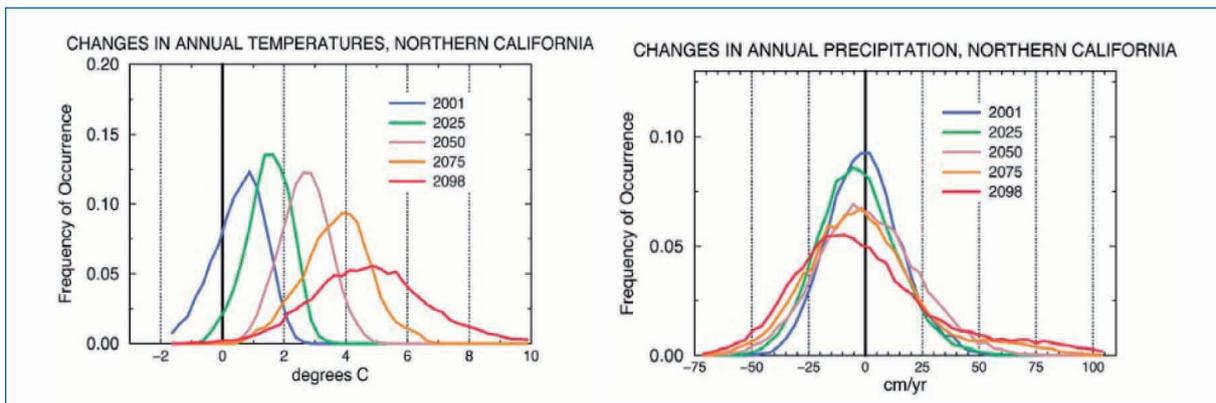


Figure 7.

Exemples de PDF. Température (gauche) et précipitations (droite) (source : Dettinger, 2005).  
An example of PDF's. Left: temperature. Right: precipitation.

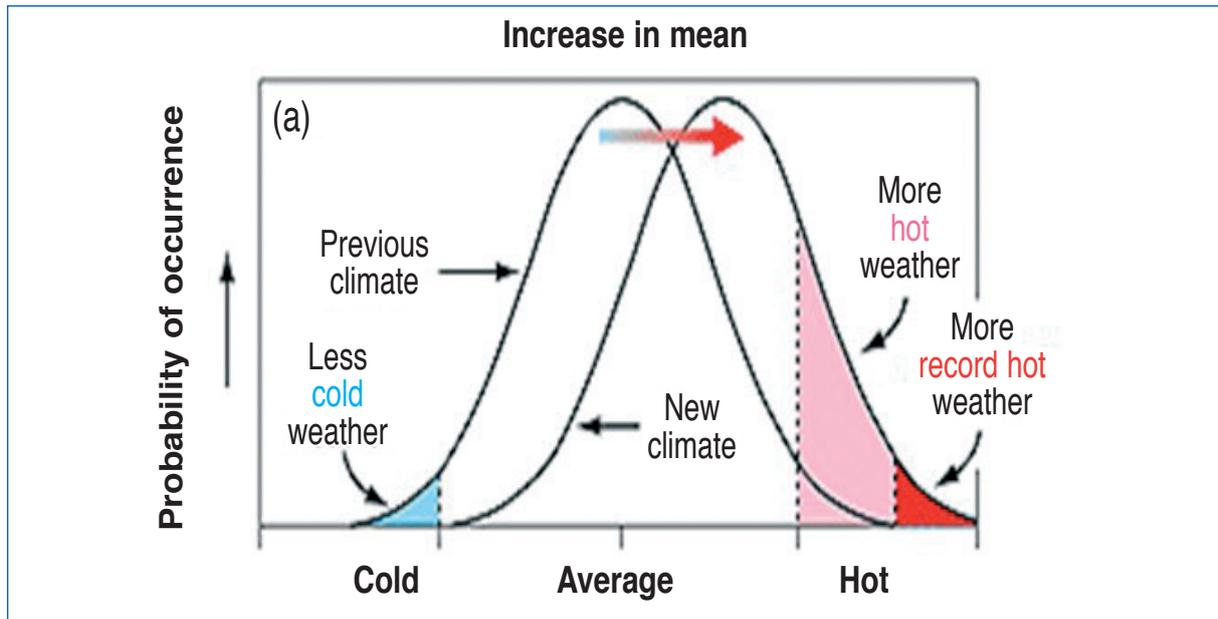


Figure 8.

La densité de probabilité pour les nuls (source : Folland *et al.* 2001).

[Probability distribution function for dummies.](#)

Dans le même ordre d'idée, certains documents présentent le message sur l'incertitude dans des formes plus appropriables. Par exemple, en faisant une analogie avec une expérience de la vie quotidienne (prévoir un pique-nique en fonction des prévisions météo...), montrant qu'une projection n'est qu'une vision plausible de l'avenir, ou expliquant à quoi correspond une notion comme une probabilité de 50 %...

## Conclusion et recommandations

Cette étude donne de nouvelles perspectives et développe de nouvelles hypothèses, en introduisant la procédure de traduction successive de l'information dans l'analyse de la performance de sa communication. Le producteur et le récepteur de l'information peuvent être très éloignés. Par conséquent, l'information circule dans différentes phases, elle est retravaillée, mise en forme, et synthétisée plusieurs fois. L'objectif est de maximiser son utilité sociale, au risque fréquent de mauvaises interprétations. La visualisation peut introduire de nombreux biais, en dépit de son intérêt indéniable.

Ces résultats sont importants pour les politiques d'adaptation. L'information climatique est en effet le point de départ d'une politique d'adaptation au changement climatique : le choix des projections, des horizons temporels, la présence ou l'absence d'un message sur l'incertitude ou de consignes de prudence pour l'interprétation des résultats, peuvent profondément influencer la forme de la réponse et les

orientations stratégiques qui seront prises par les décideurs.

Il est possible de tirer plusieurs recommandations. D'abord pour l'élaboration de stratégies d'adaptation : alors qu'il est fréquent que les parties prenantes travaillent de manière séquentielle et séparée dans les différentes phases décrites, il serait intéressant de maintenir une interaction entre les différents acteurs. Travailler en parallèle, associer les scientifiques aux phases stratégiques et les décideurs aux phases techniques permet de limiter le besoin de résumer et de simplifier à l'excès l'information. Il est possible alors d'utiliser des méthodes plus participatives. Le choix d'un horizon temporel comme référence, ou la décision de couvrir x ou y % de l'incertitude, par exemple, ne sont pas neutres, et ne devraient pas être seulement du ressort des scientifiques. De plus, l'incertitude reste largement sous-représentée ou représentée de manière hétérogène, comme notre recherche l'a montré. Des lignes directrices pour les études nationales, locales ou sectorielles, similaires aux lignes directrices du GIEC, permettraient aux spécialistes de l'adaptation de mieux répondre à cet enjeu.

Ensuite, dans le domaine de la formation et de la sensibilisation, les climatologues sont pris en étau entre le besoin de rigueur scientifique et d'utilité sociale. Il est important de former les utilisateurs aux bases de la climatologie, et à l'inverse de former les climatologues à la communication. Introduire des cours de communication dans les cursus de climatologie ou, mieux, associer des spécialistes de la communication (sémiologues) serait un bon début.

## Références

- Budescu D, Broomell S, Por H. Improving communication of uncertainty in the reports of the intergovernmental panel on climate change. *Psychological Science* 2009; 20: 299-308.
- British Department of Environment, Food and Rural Affairs, 2011 <http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/>, [accessed on 23/09/2011].
- Cleveland, WS, McGill R. Graphical perception and graphical methods for analyzing scientific data. *Science* 1985; 229: 828-33.
- Changnon SA, Lamb PJ, Hubbard KG. Regional climate centers: new institutions for climate services and climate-impact research. *American Meteorological Society* 1990; 21: 527-36.
- Daniel TC. Data visualization for decision support in environmental management. *Landscape and Urban Planning* 1991; 21: 261-3.
- Deming WE. *Sample Design in business research*. John Wiley and Sons 1990.
- Dettinger M. From climate-change spaghetti to climate-change distributions for 21st Century California. *San Francisco Estuary and Watershed Science* 2005; 3(1): 1-14.
- Deser D, Knutti R, Solomon S, Phillips AS. Communication of the role of natural variability in future North American climate. *Nature Climate Change*, 2012a; 2 (November).
- Deser D *et al.* Uncertainty in Climate Projections. The role of internal variability. *Climate Dynamics* 2012; 38: 527-46.
- Dessai S, Van der Sluijs J. Uncertainty and climate change adaptation – a scoping study. Utrecht: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation 2007.
- Dubois G. *Work sessions*. [Conversation] (Personal communication, September 2011).
- Dutton JA. Opportunities and priorities in a new era for weather and climate services. *American Meteorological Society* 2002; 83 (9): 1303-11.
- Ekwurzel B, Frumhoff PF, McCarthy JJ. Climate uncertainties and their discontents: increasing the impact of assessments on public understanding of climate risks and choices. *Climatic Change* 2011 ; DOI [10.1007/s10584-011-0194-6](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0194-6).
- Environmental Protection Agency. Climate change scenarios & impacts for Ireland, 2003: p. 22.
- Folland *et al.* *Observed climate variability and change*. In JT Houghton *et al.* Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group 1 to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, Cambridge university press 2001: 99-181.
- Fussler HM, Klein RJ. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 2006; 75:301-29.
- German Federal Government. German strategy for adaptation to climate change. 2008 Online available at: <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/national-adaptation-strategies>. [Accessed at 3 September 2011].
- Giorgi F, Lionello P. Climate change projections for the Mediterranean region, *Global and Planetary Change* 2008; 63: 90-104.
- Glazer R, Stechkel JH, Winer RS. Locally rational decision making: the distracting effects of information on managerial performance. *Management Science* 1992; 38 (February): 212-26.
- Hawkins E, Sutton R. The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2009: 1095-107.
- IPCC. *Guidance note for lead authors of the IPCC fifth assessment report on consistent treatment of uncertainties*. 2010 [guidance note]. Available at <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf> [Accessed 17 August 2011].
- Irish Department of the Environment, Heritage and Local Government. Ireland national climate change strategy 2007-2012, 2007, p. 44.
- Jarvenpaa SL. The effect of task demands and graphical format on information processing strategies. *Management science* 1990; 35 (March), 285-303.
- Katz RW. Techniques for estimating uncertainty in climate change scenarios and impact studies. *Climate Research* 2002; 20: 167-85.
- Kelleher C, Wagener T. Ten guidelines for effective data visualization in scientific publications. *Environmental Modelling & Software* 2011; 26: 822-7.
- Lurie NH, Mason CH. Visual Representation: Implications for Decision Making. *Journal of Marketing*, 2007; 71:160-77.
- Mandel N, Johnson EJ. When web pages influence choice: effects of visual primes on experts and novices. *Journal of consumer research* 2002; 29 (2): 235-45.
- McNie EC. Reconciling the supply of scientific information with user demands: an analysis of the problem and review of the literature. *Environmental science & policy* 2007; 10: 17-38.

- Ministry of Agriculture and Forestry of Finland. Finland's national strategy for adaptation to climate change. 2005. Online available at: <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/national-adaptation-strategies>. [Accessed at 3 September 2011].
- Nicholson-Cole SA. Representing climate change futures: a critique on the use of images for visual communication. *Computers, Environment and Urban Systems* 2005; 29: 255-73.
- Patt A, Dessai S. Communicating uncertainty: lessons learned and suggestions for climate change assessment. *External Geophysics, Climate and Environment*, 2005; 337: 425-41.
- Patt AG, Schrag DP. Using specific language to describe risk and probability. *Climatic Change* 2003; 61: 17-30.
- Pidgeon N, Fischhoff B. The role of social and decision sciences in communicating uncertain climate risks. *Nature climate change* 2011; 1: 35-41.
- Robins K. *Into the image: culture and politics in the field of vision*. London, Routledge 1996.
- Rosentrater LD. Representing and using scenarios for responding to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2010; 1(2): 253-7.
- Tribba J, Moser SC. More than information: what coastal managers need to plan for climate change. *Environmental science & policy* 2008; 11: 315-25.
- West PM. Predicting preferences: an examination of agent learning. *Journal of consumer research* 1996; 23 (June): 68-80.
- Wittenbrink C, Saxon E, Furman J *et al.* Glyphs for visualizing uncertainty in environmental vector fields. Unknown 1995.
- WMO. *Global Framework for climate services: concept version* [PDF], 2009. Available at: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/ConceptNote\\_GlobalFramework\\_ver3.4110309.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/ConceptNote_GlobalFramework_ver3.4110309.pdf). [Accessed 14 July 2011].
- Zehr S. Public representations of scientific uncertainty about global climate change. *Public understanding of Science* 2000; 9: 85-103.

