

# Libres propos sur l'adaptation au changement climatique

## Revisiting the concept of adaptation to climate change

R. JUVANON DU VACHAT (1)

### Résumé

On précise ce que représente l'adaptation au changement climatique, par rapport à l'atténuation (ou mitigation), qui est la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette adaptation se révèle indispensable, même si on arrête d'émettre ces gaz, à cause de l'inertie thermique de la machine climatique. On analyse la situation de certains secteurs économiques (agriculture, viticulture, gestion des forêts) qui se sont largement appropriés les concepts du changement climatique et qui ont défini une stratégie d'adaptation. Une méthode est proposée qui va au-delà des études d'impacts à partir de la modélisation climatique régionale, dont les potentialités et les limites sont précisées. Il s'agit de créer un espace de dialogue entre les chercheurs, responsables des simulations numériques et les décideurs socio-économiques, à l'image de ce que réalise le consortium canadien OURANOS. On souligne aussi le rôle des événements extrêmes, générateurs de réflexion et de méthode, même si leur lien avec le changement climatique est souvent difficile à justifier (événement exceptionnel par rapport à une tendance lourde et de grande échelle). Il apparaît enfin que les géographes et les météorologistes ont un rôle à jouer dans l'adaptation : les géographes parce qu'ils ont une approche intégrée des questions d'impacts, et les météorologistes pour la surveillance des événements extrêmes et dans le cadre des nouveaux services climatiques lancés par l'OMM.

### Mots-clés

Adaptation, stratégie, événements extrêmes, modèles régionaux.

### Abstract

We clarify what is the adaptation to climate change, as compared to the mitigation (limitation of green-house gases). Adaptation will be necessary in any case in the future climate, even if we stop the emission of these gases, because of the inertial response of the climatic machinery. We consider some socio-economic sectors like agriculture, viticulture, forestry, where the professionals are largely aware of the concepts of climate change. In these cases they have already defined their adaptation strategy. For other sectors, a classical method proposed by researchers is to study the results of impacts studies, using regional climate models. The limitation of these models is discussed. Then another method is proposed: to create a room for dialogue between researchers in charge of numerical simulations and some stake-holders or representative of the sector. This has been the method used successfully by the Canadian consortium OURANOS. Finally the role of extreme climate events is highlighted, because some reflection and financial evaluation is usually done after their occurrence, even if the link with climate change is not clearly demonstrated. The role of geographers and meteorologists is vigorously encouraged since they have some expertise for defining adaptation strategy.

### Keywords

Adaptation to climate change, adaptation strategy, extreme events, regional climate models.

### Introduction

L'adaptation au changement climatique est une activité mal comprise et qui progresse peu dans les actions réelles, comme en témoigne le faible nombre de plans d'adaptation des collectivités locales (comparés aux plans de réduction d'émissions de Gaz à Effet de Serre – GES). Par contre, beaucoup de documents et de recherches (GIEC, GICC, ANR) existent

qu'il faudrait mettre en musique ! Cet article tente de comprendre ce paradoxe et d'y remédier en rassemblant les réflexions et avancées qui semblent les plus pertinentes. Elles sont issues de nombreux contacts avec l'ONERC, du suivi des négociations internationales (de 2000 à 2008) et de diverses conférences ou colloques (en particulier du programme GICC, dont la réunion du 15 octobre 2012). Voici la liste un peu hiérarchisée de ces éléments de réflexion.

(1) SMF – Météo et Climat.

## Panorama général de l'adaptation

### Définition

Tout d'abord, il faut bien comprendre ce qu'est l'adaptation, puisque la nuance entre l'adaptation au changement climatique (CC) à venir et la mitigation (réduction des émissions de GES à la source) est un peu technique. On a reproduit à la figure 1 le transparent du GIEC qui explique cette différence et définit l'adaptation. Ajoutons que cette nuance n'est pas toujours bien comprise par le grand public. Celui-ci confond souvent les deux et ramène tout cela à de la « prévention » si l'on en juge par les réactions du

grand public, dont les décideurs font souvent partie lors des colloques ONERC (ex. : colloque au Sénat en 2004).

Par ailleurs, on entend souvent dans un discours « politique » qu'il faut faire les deux à la fois : l'adaptation et la mitigation, ce qui est difficile parce que les échelles d'espace (et de temps) ne sont pas du tout les mêmes, voire même que les phénomènes physiques n'ont rien à voir. Faire les deux en même temps, c'est même parfois contradictoire (voir Encadré 1) ! En résumé, l'adaptation traite des conséquences du CC, alors que la mitigation s'attache aux causes à travers la réduction des émissions de GES.

### Encadré 1 Antagonismes adaptation-atténuation

Voici deux exemples élémentaires qui montrent que l'on peut limiter cette opposition en se plaçant dans un contexte plus large... qui pourrait être le développement durable. Au mieux, il faut penser ces activités comme complémentaires davantage que comme opposées !

1. La climatisation d'une maison de retrait est une réponse de court terme et qui va engendrer une consommation d'énergie donc en général des émissions de GES. On commence par isoler l'habitation pour limiter ces émissions sans toutefois les réduire totalement sauf si l'on conçoit un nouveau bâtiment à énergie positive, ce qui est une solution de long terme.

2. Le cas de la « neige de culture » pour pallier l'absence de neige nécessite une consommation d'énergie et d'eau considérable, solution particulièrement coûteuse. Pour résoudre cette opposition, il faut peut-être aller jusqu'à changer d'activités, comme dans les stations de moyenne montagne confrontées plusieurs années de suite à un faible enneigement et qui réorientent progressivement les activités proposées.

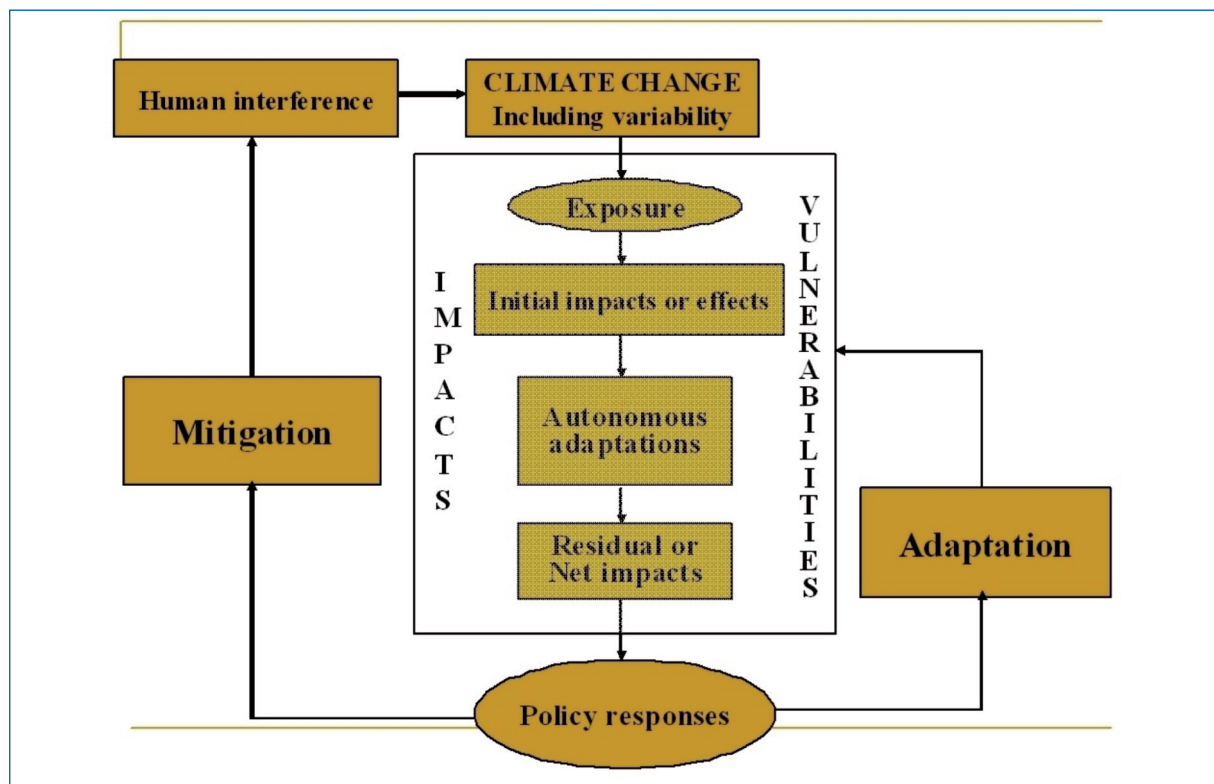


Figure 1.

Diagramme présentant l'adaptation et la mitigation dans le cadre du GIEC (2003).  
Chart presenting adaptation and mitigation (from IPCC, 2003).

## Contexte politique

Il y a un aspect politique à l'adaptation, qui est débattu dans les enceintes internationales (conférences de Bali, Copenhague...), dont les pays du Sud, les moins émetteurs de GES mais les plus vulnérables face aux catastrophes et aux évolutions climatiques, font souvent les frais. Ainsi, en 2000, lors de la 7<sup>e</sup> conférence des parties à La Haye, on voyait les ministres de l'Environnement de ces pays du Sud (Afrique et Amérique latine spécialement) se succéder à la tribune pour les évoquer. En conclusion, ces pays demandent de l'argent pour compenser les pertes matérielles dues à ces sécheresses, inondations, bref ces catastrophes climatiques diverses. Ce thème est alors devenu un sujet à l'agenda des discussions internationales. Il s'est aussi formalisé avec les fameux PANA (Programme d'Action National pour l'Adaptation) qui ont été écrits grâce à des financements internationaux (Fonds de l'Environnement Mondial, Banque mondiale). Ils identifient les vulnérabilités majeures par secteurs socio-économiques d'un pays et élaborent des projets pour y remédier [des exemples sont cités dans Tubiana *et al.*, 2010]. Par la suite dans l'agenda international, les pays du Nord ont fini par s'y intéresser, eux-mêmes étant touchés par ces événements climatiques. Ils développent des stratégies de parade et des plans d'action comme l'Espagne et la Finlande dans les années 2005 (on trouve un résumé des activités de différents pays dans le rapport ONERC [2007a]). La France a déve-

loppé sa stratégie nationale, qui a été validée en novembre 2006 [ONERC, 2007a]. Quant à l'Europe, elle a publié un Livre Vert sur l'adaptation en juin 2007, qui est devenu Livre Blanc en 2009, et une stratégie européenne d'adaptation est annoncée pour le printemps 2013 (voir aussi Gemene [2009] et Tubiana *et al.* [2010] sur ces aspects internationaux).

## Inertie du climat et ses conséquences

Sur le plan de la physique du phénomène de l'émission des GES, même si l'on arrête cette émission à l'instant  $t = 0$ , l'inertie des phénomènes physiques eux-mêmes implique que sur une période de 30 à 50 ans le réchauffement moyen global continuera de croître et la hausse du niveau moyen des mers se poursuivra sur des centaines d'années. Ceci est illustré avec la figure 2 qui reproduit la courbe du GIEC [Juvanon du Vachat, 2006] et qui a été reprise à ma demande dans la stratégie de l'ONERC [2007a]. Ceci impose la nécessité de s'adapter au CC, puisque même si l'on arrête totalement d'émettre des GES à un instant donné, l'inertie entraînera une hausse des températures et du niveau des mers pendant un certain temps ! Par ailleurs, il y a un décalage temporel entre l'action à l'instant  $t = 0$  et ses conséquences, ce qui s'applique aussi bien à la mitigation (pour laquelle elle est présentée dans le rapport du GIEC) qu'à l'adaptation [voir les commentaires dans les publications de l'ONERC, 2005 et 2007a].

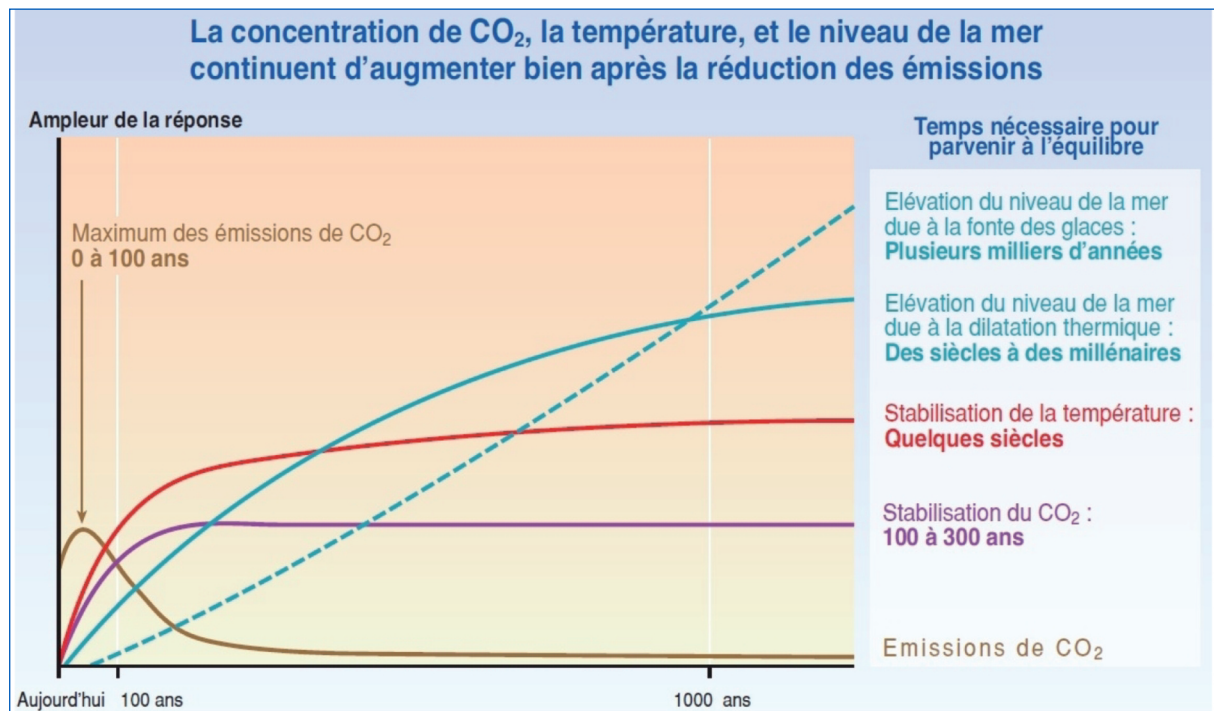


Figure 2.

Après un arrêt total des émissions de GES, la température et la hausse du niveau des mers continuent à croître du fait de l'inertie de la machine climatique (GIEC, 2003).

After a cut in emissions of greenhouse gases the temperature, the sea level increase due to the inertia of the climate machinery (IPCC, 2003).

## À la recherche d'une méthodologie

Une première réflexion de base critique la logique primaire souvent proposée qui va « des modèles numériques vers les impacts, puis vers l'adaptation ». En effet, ce n'est pas forcément en connaissant les impacts, même si c'est une base nécessaire, que l'on en déduira comment résister ou s'accommoder au phénomène simulé pour s'adapter ; d'autre part, il n'est pas nécessaire d'avoir le meilleur modèle pour faire de l'adaptation, mais plutôt de définir un espace d'interaction entre les modélisateurs et les utilisateurs de tel ou tel secteur économique, à l'image de ce que réalise le consortium canadien OURANOS sur l'adaptation aux changements climatiques (voir Encadré 2). Pour résumer ce principe : la qualité du modèle numérique est aussi importante que l'interaction avec l'utilisateur ! Une telle discussion a été amorcée par B. Hewiston (université de Cape Town, Afrique du Sud) lors d'un événement parallèle à la Conférence Climat à Poznan (Pologne, 2008). Une illustration évidente de cela est aussi le titre même de l'article de S. Hallegatte [2008] : « N'attendez pas que les chercheurs fassent le travail à votre place ». Conscients de la nécessité d'un dialogue avec les décideurs, des projets européens de recherche ont proposé des techniques pour le développer : séminaires fermés de discussion avec les chercheurs impliqués ou techniques de présentation originales. Ainsi, le projet ATEAM (eau, santé, biodiversité...) a mis à disposition des décideurs un atlas des cartes du monde futur sur les différents paramètres concernés. D'autres projets européens cherchent à intégrer les décideurs dès le démarrage du projet [cf. Juvanon du Vachat, 2006].

## Une échelle régionale pertinente

Dans les réunions préparatoires en 2005-2006 à la définition d'une stratégie d'adaptation avec l'ONERC, on a mis en évidence l'échelle spatiale caractéristique qui doit être définie pour chaque phénomène, ou plutôt le bassin régional pertinent à l'image du bassin versant pour l'hydrologie [cf. Veyret, 2004]. Observons au passage que ces réunions préfiguraient le type de dialogue recommandé au § 2.4 précédent. Mais il y a aussi l'évaluation financière ONERC [2009], dans la mesure où elle nécessitait une méthodologie pour faire cette évaluation.

Enfin, les réflexions de Tabéaud [2009] sur le management territorial et l'expérience de l'ONERC (réunion avec les régions le 9 mars 2009) indiquent que c'est au niveau des territoires qu'il faut définir l'adaptation, qui représente un bon compromis sur le plan technique et politique.

## Des équipements construits pour 50 ans !

De plus en plus, des infrastructures ou équipements sont construits en tenant compte d'un changement climatique dans le futur. Deux exemples sont cités dans le volume II (Adaptation) du rapport du GIEC de 2007 [Parry *et al.*, 2007, p. 724] : un grand pont au Canada « Confederation Bridge » (13 km entre l'île du Prince Edward et le continent), dont le tablier a été relevé d'un mètre de plus (passage de 50 m à 51 m), pour tenir compte de l'élévation possible du niveau de la mer ; le fameux train d'altitude Lhasa (Tibet)-Pékin (à 5 500 m d'altitude environ) étudié pour résister à des écarts de température journaliers de l'ordre de 50 °C et saisonniers importants, pour tenir compte d'un changement climatique futur ! Tout ceci concerne cette fois l'échelle temporelle, dans la mesure où ces gros équipements sont faits pour durer plusieurs dizaines d'années, marquées par une évolution du climat.

## Chiffrage financier

Ce chiffrage des coûts de l'adaptation est important pour mobiliser les décideurs, mais aussi parce qu'il suppose une méthodologie pour faire cette estimation. Ce sont les rapports Stern [2007] et le rapport ONERC [2009] [voir aussi Juvanon du Vachat, 2010]. Un des aspects qui apparaît clairement dans le rapport Stern est la nécessité d'anticiper ce changement pour que cela coûte moins cher ! On parle alors d'adaptation planifiée, qui entraîne une croissance moindre des coûts des aléas climatiques [Gillet, 2009, figure 1, p. 54].

## Des secteurs autonomes : viticulture, agriculture et gestion des forêts

Dans le secteur viticole, par exemple, d'après Garcia de Cortazar [2006] on verra le cépage méditerranéen « Syrah » devenir un « Bourgogne » ou un « Bordeaux » en 2100 suivant que l'on choisit le scénario.

### Encadré 2

#### L'adaptation dans le consortium canadien OURANOS

Ce consortium s'intéresse aux sciences du climat d'une part, aux impacts et à l'adaptation d'autre part, et cherche à devenir chef de file dans ce domaine au Canada. Depuis sa création en 2004, il a connu une croissance importante en sujets traités, dotation financière et ressources humaines (environ 400 collaborateurs scientifiques) et exerce un pouvoir d'attraction remarquable dans ce domaine. Plus encore que ces points qui dénotent l'excellence du travail réalisé, c'est la méthode employée qui est originale : créer un espace de dialogue entre chercheurs responsables des simulations et utilisateurs d'un domaine socio-économique (agriculture, pêche, forêts...). Ceci permet de mieux cibler les simulations climatiques à réaliser et de mieux définir les indicateurs de suivi dans le domaine considéré.

nario A2 (environnemental) ou B2 (économique) du GIEC (figure 3). On peut aussi lire le médaillon rouge sur la couverture du livre de Seguin [2009] sur ce thème qui souligne : « du Bordeaux en Champagne ». Ces représentations imagées sont certainement efficaces pour mobiliser la profession viticole, malgré les incertitudes inhérentes à la prospective ! Ce secteur est très actif depuis longtemps et s'approprie les thématiques du CC, comme l'a montré J. Rochard (Institut Technique du Vin, Épernay) lors d'un colloque de l'AIC à Carthage en 2007.

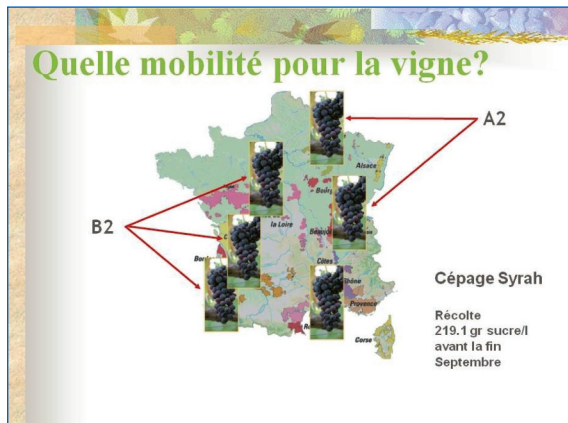


Figure 3.

Migration du cépage Syrah en 2100 avec les scénarios A2 et B2 du GIEC (Garcia de Cortazar, 2006).

[Migration of vine plant Syrah for the year 2100 with the scenarios A2 and B2 from IPCC \(Garcia de Cortazar, 2006\).](#)

Dans le domaine agricole où le livre de Seguin [2009] fournit une bonne synthèse, il faut remarquer que les agriculteurs très observateurs des saisons et de la météorologie par leur travail (ils vont dans leurs champs) font de l'adaptation naturellement à partir de leurs observations. Voici un exemple concret : ils envisageaient dans les années 2002 de remettre du maïs dans les rotations de culture dans le Nord de la France (région marquée par une augmentation des précipitations, dont la situation de novembre 2000 donnait une idée). Il s'agit des inondations de la Somme de septembre 2000 à avril 2001, inondations

qui ont touché aussi la Grande-Bretagne. Ces inondations catastrophiques en Grande-Bretagne sont présentées en détail dans le livre de Lynas [2004], qui fournit aussi des références sur l'augmentation des précipitations due au réchauffement climatique. En fait, il s'agit d'une situation météorologique complexe (voir Encadré 3). En conclusion, il y a une adaptation spontanée et naturelle des agriculteurs qui, travaillant sur le terrain, sont de véritables observateurs de l'évolution du climat.

Pour le secteur forestier, nous renvoyons à l'ouvrage de Décamps [2010] très remarquable, à la fois sur les impacts sur les écosystèmes (forêts notamment) et avec des exemples de bonne adaptation ! Il y a aussi l'ouvrage collectif de Birot *et al.* [2009] *La forêt face aux tempêtes*, suite aux tempêtes de décembre 1999, où le secteur forestier a été très mobilisé ainsi que lors de la canicule 2003 (avec un colloque franco-allemand en mars 2004).

### Secteur glaciaire

Les glaciers font l'objet d'un suivi important par le service d'archives glaciaires en Suisse et comme en témoigne l'ouvrage de Francou et Vincent [2007]. Ils sont une composante du Système Mondial d'Observation du Climat de l'OMM (*cf.* Juvanon du Vachat, ce volume), pour lequel cinq glaciers sont suivis en France : Argentière, Gébroulaz, mer de Glace, Sarennes et Saint-Sorlin (observatoire Glacio-Clim). Les glaciers ne sont pas exempts de risques, à l'exemple de la formation d'un lac sous-glaciaire dans le glacier de Tête Rousse en 2010, dont la rupture pouvait engendrer une inondation catastrophique à St-Gervais du type de celle des 12-13 juillet 1892 qui avait fait 175 victimes à Bionnay (Haute-Savoie). Le livre de Tournaire et Patriarca [2010] illustre le pompage du lac sous-glaciaire, activité particulièrement dangereuse à laquelle a participé le glaciologue français Christian Vincent. Les Suisses ne sont pas en reste dans ce domaine, puisqu'ils ont enveloppé d'un film plastique spécial le glacier de Gürschen, près de la station d'Andermatt, opération très coûteuse (66 000 euros pour 30 000 m<sup>2</sup>) ! Dans les domaines

### Encadré 3

#### Une situation météorologique complexe (pluie continue sur le Nord de la France de septembre 2000 à avril 2001)

On trouve une description de ces inondations catastrophiques en Grande-Bretagne dans le premier chapitre de l'ouvrage de M. Lynas (2004) intitulé « Saison des pluies en Grande-Bretagne » (p. 27-47). Il décrit les conséquences de cet épisode catastrophique qui a touché la Grande-Bretagne et le Nord de la France de septembre 2000 à avril 2001 et étaye cette observation par des articles scientifiques sur l'augmentation des pluies due au réchauffement climatique, non seulement en Grande-Bretagne mais aussi en Suisse, aux USA et en Australie. Pour la France, le journal *Le Monde* s'est fait aussi l'écho de cet événement exceptionnel avec le rumeur sur le canal du Nord lors de l'inondation de la Somme (27 mars 2001) et un article très documenté (25 mai 2001) sur cette situation météorologique qui est éclairée par trois spécialistes de Météo-France proposant des interprétations différentes démontrant ainsi la complexité de ce phénomène ! Les changements dans les positions des dépressions et des anticyclones sont encore un thème de recherche (étudié lors de la campagne météorologique Fastex en 1997). Mais le courant-jet très puissant dans la haute atmosphère qui souffle vers l'est gouverne aussi les perturbations, ce qui complique le phénomène météorologique.

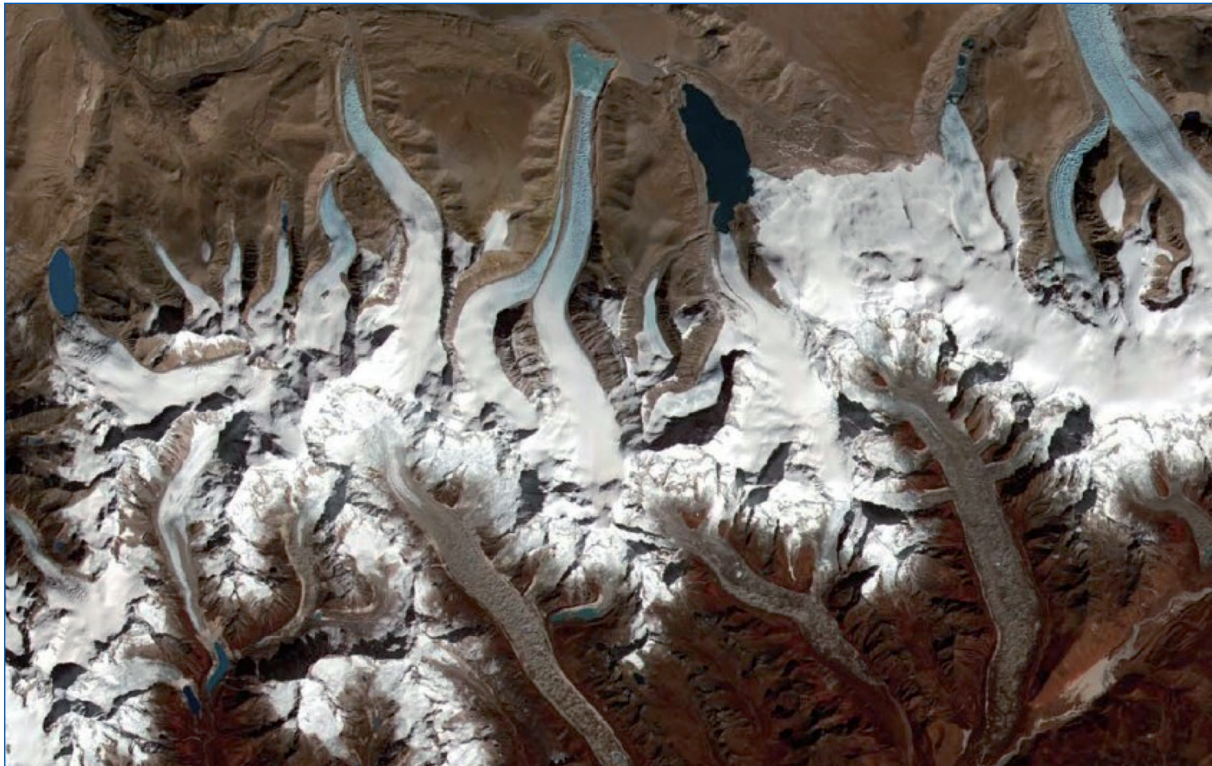


Figure 4.

Lacs glaciaires des hauts plateaux du Bhoutan et de l'Himalaya vus par satellite (UNESCO, 2009).  
 Glacial lakes in the high mountains of Bhoutan and Himalaya seen by satellite (UNESCO, 2009).

andins et himalayens, il y a aussi des problèmes d'eau potable engendrés par la fonte des glaciers, même si la disparition de la piste de ski la plus élevée (Chacaltaya à 5 500 m d'altitude et à 30 km de La Paz) est un sujet plus médiatique. Sur l'eau potable, Lynas [2004] traite la situation de la ville de Lima au Pérou qui risque de voir son alimentation en eau potable sévèrement réduite du fait de la fonte des glaciers de la cordillère centrale (p. 289). Enfin, par satellite, on observe les lacs glaciaires formés dans les hauts plateaux du Bhoutan et de l'Himalaya [voir la figure 4, couverture du document UNESCO, 2009]. Un projet de fermer un tel lac a d'ailleurs été financé par la Banque mondiale et, d'après un article de *La Croix* (5 septembre 2007), un système d'alerte par radio, relayé par une cloche dans les villages d'altitude, a été mis au point pour prévenir les habitants en cas de fonte accélérée !

## Adaptation et événements extrêmes

### Canicule 2003

Certains diront qu'il ne s'agit pas du CC mais d'un événement exceptionnel isolé, et comme tel difficile à attribuer au CC ! Oui, mais en pratique, il suffit de regarder le site du projet européen PRUDENCE ou les articles de Béniston [2004] pour être convaincu du rôle joué par cet événement extrême au moins dans l'imaginaire du changement climatique !

L'adaptation est souvent un problème technique du domaine concerné (santé, agriculture...) et très local. Exemple concret du problème de la canicule 2003 résolue partiellement par l'introduction de chambres réfrigérées dans les hôpitaux et maisons de retraite ! Le discours du chercheur entendu après la canicule 2003 à partir de simulations : il y aura des canicules un an sur deux pendant l'été en 2100 [Déqué, com. pers., 2003 ou Schär et al., 2004]. Ce discours est donc bien éloigné des préoccupations pratiques précédentes ! Ceci montre que l'adaptation, pour être efficace, doit aller jusqu'à des actions concrètes, souvent puisées dans des situations analogues et qui ne relèvent pas nécessairement de la recherche !

Apparemment, cet événement a surpris tout le monde, alors que Besancenot [2002] avait annoncé l'année précédente qu'une augmentation de 1 °C risquait de provoquer une mortalité supplémentaire d'environ 1 500 à 2 000 personnes en France. Cet épisode dramatique nous a fait être considérés comme un pays en développement, alors que notre système de santé passe pour un des meilleurs au monde ! Bref, il a révélé sa fragilité et engendré un véritable traumatisme de la société tout entière. Dès que les températures monteront un peu en juin 2006, on diffusera dans les médias les messages du Dr San Marco qui avait su bien réagir lors d'une canicule en 1983 à Marseille [Thirion et al., 1994]. Par ailleurs, même si un plan canicule (voir le site de la Direction Générale de la Santé) a été élaboré très vite après la

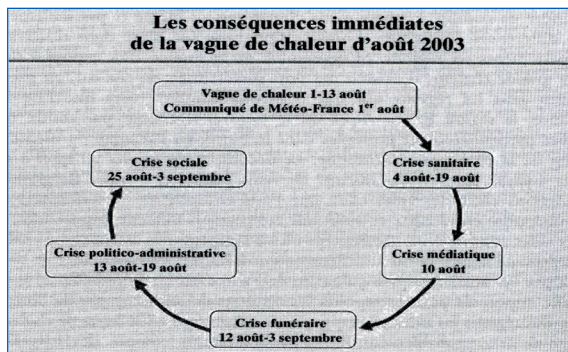


Figure 5.

Les conséquences immédiates de la vague de chaleur d'août 2003 (Ménard, 2006).

Immediate effects of the summer 2003 heat wave (Ménard, 2006).

catastrophe, on a vu apparaître en juin 2006 des affiches s'adressant à des bénévoles pour leur suggérer de prendre des nouvelles de leur entourage à cette occasion ! Ceci illustrant le fait que l'État ne peut pas tout contrôler, et cet événement a d'ailleurs démontré un cloisonnement des services [Ménard, 2006] et un manque de solidarité générale illustré par l'article d'Echène [2004] au titre très évocateur ! Ainsi, Ménard [2006] analyse cet événement comme une crise de santé publique en s'inspirant du sociologue Christian Morel, auteur d'un livre célèbre sur *Les décisions absurdes* (Gallimard, 2002). Il dénote ainsi, pour la vague de chaleur d'août 2003, à partir du communiqué de Météo-France (1<sup>er</sup> août 2003) une succession de crises : crise sanitaire, médiatique, funéraire, politico-administrative et pour finir une crise sociale ! Cet enchaînement de crises est représenté à la figure 5. Il conclut alors qu'en matière de santé, les systèmes de solidarité de proximité doivent être repensés. Il est aussi révélateur qu'à l'occasion de cette canicule 2003 on a repris tous les chiffres de mortalité des canicules 1976 et 1983 qui n'avaient pas été analysés en détail auparavant ! (Voir Juvanon du Vachat *et al.* [2004] pour la prévisibilité de l'événement, et Valleron et Boumendil [2004] pour « l'effet moisson ». On trouve une perspective plus large sur les risques sanitaires en lien avec le CC en France dans le rapport ONERC [2007b].

### Rôle des événements extrêmes pour l'adaptation

On cherche souvent un lien entre les événements extrêmes (ou catastrophes naturelles) et le CC. Mais il y a surtout une prise de conscience importante dans ces situations. L'Homme ou la société ne réagissent que s'ils sont contraints ou forcés, comme nous l'apprend la sociologie. Ainsi, la carte de vigilance météorologique (inspirée de la situation outre-mer) a été développée par Météo-France suite aux tempêtes de décembre 1999. Il faut aussi souligner l'ambiguïté de ces « catastrophes naturelles », qui engendrent un certain fatalisme auprès du public (A. Douguedroit, *com. pers.*), et le fait que les chercheurs ne voient pas nécessairement de corrélation statistique (beaucoup de débats aux USA sur cyclones et CC), même si

c'est souvent ce que retiennent les médias (rapport spécial du GIEC sur le sujet). Mais il y a aussi échange et circulation d'idées lors de ces événements extrêmes. Voici un exemple frappant. EDF a pu travailler avec professionnalisme lors des tempêtes de décembre 1999, en partie parce que son état-major connaissait les leçons tirées de la tempête de glace (*Ice storm*) (Montréal, 5-9 janvier 1998), ayant assisté au séminaire sur les leçons tirées de cette tempête. Ce qui faisait dire à P. Bourdier (EDF) lors d'un colloque postcatastrophe à l'Assemblée Nationale en 2000 (il y en eut beaucoup cette année-là, suite aux tempêtes de décembre 1999) : « Ce n'est pas au chevet du malade que le chirurgien ouvre son livre de médecine ! »

Un exemple encore plus récent des leçons tirées d'un événement extrême se trouve dans l'ouvrage remarquable sur la tempête Xynthia en février 2010 [Przyluski et Hallegatte, 2012]. Il représente une étude post-tempête particulièrement approfondie sur tous les plans (météorologiques, submersion, chiffrage financier, assurance, décisions de retrait, phénomènes de crises...) en s'appuyant sur une catastrophe similaire (une submersion en 1937) ou bien d'autres catastrophes météo climatiques (Katrina 2005, etc.). Dans ce cas, on notera le rôle important des historiens et de la mémoire des événements extrêmes passés.

### Qualité des modèles à échelle fine pour l'adaptation

Les modèles à échelle fine ont souvent laissé croire que l'on pouvait décrire les impacts et faire de l'adaptation à partir de là, mais il y a deux difficultés. D'abord, les incertitudes de ces modèles sont importantes, en particulier sur l'évaluation des précipitations (utiles pour l'hydrologie). Mais aussi, bien souvent, ce ne sont pas les variables de sortie du modèle qui sont les indicateurs intéressants pour l'adaptation, mais des indicateurs synthétiques multiparamètres (exemple météorologique simple : pour faire sécher le foin, on a besoin du vent en plus de la température !). Ainsi des articles d'hydrologues [Rayner *et al.*, 2005 ; Hall, 2007] sont très méfiants sur les prévisions météorologiques ! Le titre du premier article est emprunté à une publicité du véhicule tout terrain américain « Bravura » : « Les prévisions météorologiques comptent pour rien » ! Autrement dit, avec ce véhicule, vous n'avez plus à vous soucier des prévisions météorologiques : c'est un véhicule tous temps ! Cet article présente les résultats d'une enquête sur l'usage des prévisions météorologiques et climatiques par les gestionnaires d'agences de bassin hydrologique aux USA. Ces prévisions sont peu utilisées parce que considérées comme peu fiables pour le travail de planification. Le second article [Hall, 2007] parle de mauvaise adaptation lorsqu'on s'appuie sur des prévisions d'ensemble probabilistes, du fait d'une méconnaissance de l'incertitude des scénarios.

rios climatiques utilisés. Enfin, on a aussi observé cette dispersion des résultats de simulation dans un projet GICC sur l'hydrologie qui utilisait les deux modèles français de simulation numérique du climat qui produisaient sur le Sud-Est de la France des champs de précipitation très différents ! Pour finir, on remarquera l'évolution des programmes européens, passant du projet PRUDENCE (1999-2004) de modèles climatiques régionaux au projet ENSEMBLES (2004-2009), où la question de l'incertitude est intégrée. Côté américain, voir Kerr [2011a] pour mesurer les incertitudes dans les projections climatiques futures qui s'orientent vers la descente statistique d'échelle pour une meilleure précision à l'échelle locale.

Cependant, d'après certains chercheurs, on n'a pas réduit l'incertitude de ces modèles depuis 5 ans : la modélisation régionale plafonne un peu, et quand on représente sur une figure les champs de précipitations [figure 6, Kerr 2011b, p. 1053] en utilisant plusieurs modèles, on obtient une large dispersion (ce qui est normal puisque la variable précipitation intègre toute la chaîne d'un modèle numérique et donc cumule les incertitudes de chaque étape). On peut encore alléguer qu'il y a une amélioration en moyenne mais pas forcément si on se limite aux événements extrêmes, comme pour la prévision météorologique ! Pour les modèles à échelle fine, on se reportera à la synthèse détaillée de Richard *et al.* [2012] sur les possibilités et les limites de cette modélisation climatique régionale !

### Comment passer à l'adaptation ?

L'article de Kerr [2011b] reflète les programmes américains de recherche récents et les discussions lors de l'« *Open Science Conference of the WCRP* » tenue à Boulder (Colorado) en octobre 2011 avec 1 800 participants ! Ces discussions donnent bien la mesure de la difficulté rencontrée pour passer de la modélisation régionale à « l'adaptation », le nouveau leitmotiv de la négociation internationale... mais aussi des programmes de recherche internationaux comme WCRP qui essaient de surfer sur ce sillage. On cherche alors à développer des programmes de recherche plus appliqués, directement et facilement utilisables par les décideurs. Pour cela, il faut passer de la foule de données et d'incertitudes [Kerr, 2011a] que génèrent ces modèles à de l'information ! On voudrait une science ou des résultats de recherche directement applicables en actions concrètes, assimilables par les décideurs, pour formuler des actions claires et immédiates ! Ainsi, le programme américain PUMA (*Piloting Utility Modeling Applications*) vise à projeter des modélisations hydrologiques locales pour les besoins des agences de bassin ; un autre programme *Climate information : Responding to user needs* (université du Maryland, USA) s'inspire de ce qui se pratique dans le milieu médical, en se plaçant dans la position de l'utilisateur pour voir tout ce qu'il peut tirer de la modélisation ! On retrouve dans cet article

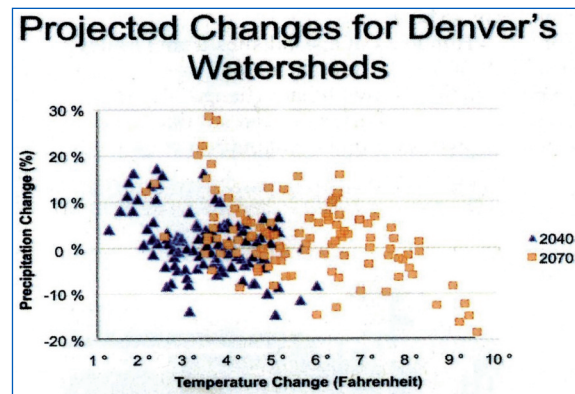


Figure 6.

Anomalies de précipitation/température pour des simulations climatiques (16 modèles et 3 scénarios) aux échéances 2040 (triangles) et 2070 (carrés) (Kerr, 2011b).

Precipitation/temperature anomalies predicted from climatic simulations (using 16 models and 3 scenarios) at the year 2040 (triangles) and 2070 (squares) (Kerr, 2011b).

américain l'approche européenne pour intégrer les décideurs (citée au § 2.4), ce qui milite à nouveau pour l'espace de dialogue qu'a su créer le consortium OURANOS.

### Conclusion

On a tenté de préciser ce qu'est l'adaptation au changement climatique futur, par rapport à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. C'est en effet une notion qui n'est pas toujours bien comprise par le grand public, voire par les décideurs institutionnels. Cette adaptation est indispensable même si on arrêta d'émettre ces gaz, à cause de l'inertie de la machine climatique. On a analysé la situation de certains secteurs socio-économiques (agriculture, viticulture, gestion des forêts) qui se sont largement appropriés les concepts du changement climatique et ont su définir des stratégies d'adaptation. Il apparaît aussi que l'adaptation ressemble plus à un art ou à un savoir-faire qu'à de la recherche proprement dite, même si elle fait appel aux résultats de cette recherche (un peu comme la prévision météorologique) !

Une méthode souvent envisagée en particulier par les groupes de recherche consiste à proposer des études d'impacts à partir de la modélisation climatique régionale. Ceci constitue une base indispensable mais qui doit être dépassée et conduire à créer un espace de dialogue entre les chercheurs, responsables des simulations, et les décideurs socio-économiques, à l'image de ce que réalise le consortium canadien OURANOS, ou de ce que cherche à réaliser l'ONERC en France. Les événements extrêmes, qui sont souvent générateurs de réflexion et de méthode, sont riches d'enseignements et de retour d'expérience, même si leur lien avec le changement climatique est souvent difficile à justifier (événement exceptionnel par rapport à une tendance lourde et à



grande échelle, voir les réflexions de K. Trenberth [2012] à ce sujet). Certaines communautés ont un rôle à jouer dans l'adaptation : les géographes parce qu'ils ont une approche intégrée des questions d'impacts, et les météorologistes pour la surveillance des

événements extrêmes et dans le cadre des nouveaux services climatiques de l'OMM (GFCS). Ils sont en effet développés en grosse partie pour faciliter la mise en œuvre de l'adaptation.

## Remerciements

J'adresse de chaleureux remerciements à P. Paillot (Bibliothèque de Météo-France), M. Gillet, B. Seguin et D. Rousseau pour leur soutien et leur aide dans la préparation de cet article.

## Références

- Béniston M. The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophys. Res. Lett.* 2004 ; 31 : L02202.
- Besancenot J. Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement, Risques et Santé* 2002 ; 1 : 229-40.
- Birot Y, Landman G, Bonhême Y. La forêt face aux tempêtes. Quae 2009, 457 p.
- Décamps H. Évènements climatiques extrêmes. Réduire les vulnérabilités des systèmes économiques et sociaux. Rapport de l'Académie des Sciences. EDP Sciences, 2010, 194 p.
- Echène A. Haine de la vieillesse. *Le Débat* 2004 ; 129 : 136-42.
- Francou B, Vincent C. Les glaciers à l'épreuve du climat. Belin 2007, 274 p.
- Garcia de Cortazar AI. Adaptation du modèle STICS à la vigne. Utilisation dans le cadre d'une étude du changement climatique à l'échelle de la France. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 2006, 349 p.
- Gemenne F. Géopolitique du changement climatique. Armand Colin 2009, 256 p.
- GIEC. Bilan 2001 des changements climatiques : rapport de synthèse. Cambridge University Press 2003, 205 p.
- Gillet M. La place de l'adaptation dans la politique climatique. *Annales des Mines, Responsabilité Environnement* 56, 2009, 53- 58.
- Hall J. Probabilistic climate scenarios may misrepresent uncertainty and lead to bad adaptation decisions. *Hydrologic Processes* 2007 ; 21 : 1127-9.
- Hallegatte S. Adaptation to climate change: do not count on climate scientists to do your work. *Reg-Markets Center, Related Publication* 2008 ; 08-01.
- IPCC, 2003 : voir GIEC, 2003.
- Juvanon du Vachat R. L'adaptation au changement climatique en France. Évaluation des vulnérabilités et stratégie. *Annales du XIX<sup>e</sup> colloque de l'AIC* 2006 : 21-6.
- Juvanon du Vachat R. Un Plan national d'adaptation. Évaluation des coûts. *Annales du XXIII<sup>e</sup> colloque de l'AIC* 2010 : 303-8.
- Juvanon du Vachat R, Planton S, Gillet M. Adaptation to heat waves occurrence in France. *OECD Global Forum on Sustainable Development*, Paris, nov. 2004.
- Kerr RA. Vital details of global warming are eluding forecasters. *Science* 2011a ; 334 : 173-4.
- Kerr RA. Time to adapt to a warming world, but where's the science? *Science* 2011b ; 334 : 1052-3.
- Lynas M. *Marée montante – Enquête sur le réchauffement de la planète*. Éditions Au diable Vauvert 2004, 382 p.
- Ménard J. La vague de chaleur d'août 2003. Les mécanismes d'une crise de santé publique. In E. Bard, L'homme face au climat, O. Jacob 2006 : 405-19.
- ONERC. Un climat à la dérive : comment s'adapter ? La Documentation Française, 2005 : 109 p.
- ONERC. *Stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques*. La Documentation française, 2007a : 95 p.
- ONERC. *Changement climatique et risques sanitaires*. La Documentation française, 2007b : 208 p.
- ONERC. *Changement climatique. Coût des impacts et pistes d'adaptation*. La Documentation française, 2009 : 125 p.
- Parry ML, Canziani OF, Palutikof J.-P. et al. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press 2007 : 976 p.

- Przyluski V, Hallegatte S. Gestion des risques naturels. Leçons de la tempête Xynthia. Quae 2012 : 164 p.
- Rayner S, Lach D, Ingram H. Weather forecasts are for wimps. Why water resource managers do not use climate forecasts. *Climatic change* 2005 ; 69 : 197-227.
- Richard Y, Roucou P, Crétat J *et al.* Modèles de climats régionaux : potentiel et limites. *Annales du XXVe Colloque de l'AIC* 2012, 667-73.
- Rochard J, Clement JR, Srhiyeri A. Évolution des dates de vendanges en liaison avec les changements climatiques. *Annales du XXe Colloque de l'AIC* 2007, 484-8.
- Schär C, Vidale PL, Lüthi D *et al.* The role of increasing temperature variability in European summer heat-waves. *Nature* 2004 ; 427 : 332-6.
- Seguin B. Coup de chaud sur l'agriculture. Editions Delachaux et Niestlé 2009 : 205 p.
- Stern N. *The economics of climate change. The Stern Review.* Cambridge University Press, 2007 : 712 p.
- Tabeaud M. Les territoires face au changement climatique. *Annales des Mines, Responsabilité Environnement* 2009 ; 56 : 34-40.
- Thirion X, Simonet J, Serradimigni F *et al.* La vague de chaleur de juillet 1983 à Marseille. Enquête sur la surmortalité. Essai de prévention. *Santé publique* 1994 ; 4 : 58-64.
- Tournaire P, Patriarca E. *Menace sur St-Gervais.* Catapac 2010 : 110 p.
- Trenberth K. Framing the way to relate climate extremes to climate change. *Climatic change* 2012 ; 115 : 283-90.
- Tubiana L, Gemenne F, Magnan A. *Anticiper pour s'adapter. Le nouvel enjeu du changement climatique.* Pearson 2010 : 216 p.
- UNESCO. *Case studies on climate change and the world heritage.* UNESCO 2009 : 81 p. (accessible : [whc.unesco.org](http://whc.unesco.org)).
- Valleron AJ, Boumendil A. Épidémiologie et canicules : analyses de la vague de chaleur 2003 en France. *CR Biologies* 2004 ; 327 : 1125-41.
- Veyret Y. *Géographie des risques naturels en France : de l'aléa à la gestion.* Hatier 2004 : 251 p.

### Acronymes et Sigles

- AIC** : Association Internationale de Climatologie
- ANR** : Agence Nationale de la Recherche
- ATEAM** : Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling
- CC** : Changement Climatique
- GES** : Gaz à Effet de Serre
- GFCS** : Global Framework for Climate Services (voir le site de l'OMM)
- GICC** : Gestion et Impacts du Changement Climatique
- GIEC** : Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat (IPCC en anglais)
- IPCC** : Intergovernmental Panel for Climate Change
- OMM** : Organisation Météorologique Mondiale ([www.wmo.int](http://www.wmo.int))
- ONERC** : Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique
- OURANOS** : Consortium canadien sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- WCRP** : World Climate Research Programme

