

Le temps s'est-il détraqué ?



Pascal Yiou

# Le temps s'est-il détraqué ?

Comprendre  
les catastrophes climatiques

*Préface de Jean Jouzel*

*Dans le vif*  
BUCHET • CHASTEL

© Libella, Paris, 2015.  
ISSN : 2427-6650  
ISBN : 978-2-283-02830-8

*À Ulysse, Félix et Quentin,  
qui trouveront peut-être ici la réponse  
à certains « pourquoi ? »*



## SOMMAIRE

Préface .....	11
Prologue	
Comment je suis devenu « extrémologue »...	15
I. Pourquoi s'intéresser aux extrêmes ? .....	19
II. Un système vit, donc il bouge .....	39
III. Retour sur des évènements récents .....	59
IV. Que font les experts ? .....	71
V. Les rouages des extrêmes .....	89
Épilogue	
Une science à plusieurs facettes .....	107
Bibliographie choisie .....	115



## PRÉFACE

Les questions me sont fréquemment posées lorsque surviennent des événements climatiques extrêmes tels que le cyclone Pam qui, au printemps 2015, a dévasté l'archipel des Vanuatu, la sécheresse exceptionnelle dont souffre l'ouest des États-Unis depuis quelques années, les inondations catastrophiques qui ont affecté le sud de l'Angleterre et aussi notre pays durant l'hiver 2014, la canicule meurtrière que nous avons connue en 2003... Ces événements deviennent-ils plus fréquents, ont-ils un lien avec le réchauffement climatique, peuvent-ils être attribués aux activités humaines, comment évolueront-ils dans un climat plus chaud... ?

J'imagine que vous êtes, comme je le suis, de ceux qui aimeraient obtenir des réponses claires et bien documentées à ces questions fort légitimes. Peut-être est-il déjà temps – tout au moins pour certains de ces événements – d'abandonner le vocable de « catastrophe naturelle » pour le remplacer par celui de « catastrophe anthropique » dans la mesure où ils s'avèreraient effectivement liés au réchauffement climatique dû

aux activités humaines, à nos émissions de gaz à effet de serre en premier lieu ?

M'appuyant sur les travaux de mes collègues modélisateurs du climat et sur la synthèse qu'en a fait le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), je reste très prudent. Qu'en est-il des observations sur les soixante dernières années ? Certes elles confirment bien que nous connaissons moins de journées et de nuits froides, plus de journées et de nuits chaudes. Et il apparaît que les activités humaines contribuent déjà à ces changements. Mais c'est beaucoup moins clair pour les sécheresses et pour les cyclones. D'après le dernier rapport du GIEC, le diagnostic devient plus facile lorsque l'on se tourne vers le futur. Dans un monde plus chaud, tous les extrêmes climatiques, ou presque, deviendront – avec un degré de confiance dépendant de l'évènement considéré – plus fréquents ou/et plus intenses.

Au-delà de ces rapports du GIEC bien documentés mais très impersonnels, il est important d'avoir un témoignage de première main, beaucoup moins aride et plus proche de la réalité que vit chacun d'entre nous. Depuis une quinzaine d'années, Pascal Yiou est plongé dans ce monde des extrêmes météorologiques et climatiques auxquels il consacre une large part de ses travaux de recherche. C'est pour lui devenu une véritable passion qui s'exprime tout au long de cet ouvrage toujours rigoureux mais de lecture facile car riche d'exemples qui le rendent extrêmement clair et pédagogique. Au fil de

cette lecture, il nous fait partager cette passion et la connaissance sans pareille qu'il a des événements extrêmes, de leur évolution et de leurs conséquences.

JEAN JOUZEL,  
directeur de recherche au CEA,  
vice-président du GIEC de 2002 à 2015



## PROLOGUE

### COMMENT JE SUIS DEVENU « EXTRÊMOLOGUE »

Je ne suis pas un avatar du professeur Mortimer, tout juste sorti de l'album *S.O.S. Météores* où se déroule un nombre impressionnant d'évènements climatiques extrêmes, même si mon laboratoire est situé tout près du lieu de l'intrigue de la bande dessinée d'E. P. Jacobs. Je suis juste un chercheur qui travaille avec un ordinateur, du papier, un stylo... et pas grand-chose de plus. Et je suis un *climatologue*.

Mes premiers contacts avec les extrêmes climatiques remontent à des missions en Antarctique, il y a quelques années. À l'époque, je travaillais sur les climats du quaternaire. Je m'intéressais en particulier aux raisons pour lesquelles des climats très froids comme celui du dernier âge glaciaire, entre 100 000 et 20 000 ans avant notre ère, peuvent connaître des soubresauts réguliers qui affectent toute la planète. Ma (brève) expérience du terrain m'a amené à comprendre un fait sociologique déterminant : on considère qu'un climat est *extrême* à partir du moment où on y est confronté pour vivre ou survivre. Une tempête de force 10 peut être anodine pour un

bateau moderne bien équipé. Elle est redoutable lorsque l'un des passagers est victime d'un infarctus. Le caractère extrême de la tempête n'est pas une propriété intrinsèque, mais il est lié au fait qu'un groupe de personnes l'a vécu comme tel. Nous allons voir à quel point cette subjectivité est étonnamment importante, dans une science en quête d'objectivité.

À partir des années 2000, j'ai commencé à travailler sur le climat du dernier millénaire. C'est une période climatique relativement stable par rapport à celle du dernier âge glaciaire, particulièrement agité. Et pourtant, elle se caractérise par de multiples dérèglements, souvent de courte durée, à l'échelle de pays. Cette contradiction entre un climat réputé stable, au regard des courbes de températures publiées dans les articles scientifiques, et la récurrence d'évènements violents, comme des tempêtes, des canicules, des vagues de froid, n'a cessé de me fasciner.

De plus, un certain nombre de coïncidences climatiques m'ont personnellement touché. Au cœur de l'été 2003, je randonne dans le massif du Mercantour. Tous les soirs, nous essayons un orage avec des trombes d'eau tandis que la chaleur de la Côte d'Azur est insupportable. Quelques jours plus tard, j'expérimente le même phénomène dans les Pyrénées : une canicule terrible en plaine, alors qu'en fin de journée, les reliefs sont secoués d'orages et de pluies. Plus tard, je vérifierai que cette période a été la plus chaude et la plus sèche depuis plusieurs siècles en France... partout sauf en altitude. Ce

n'est que très récemment qu'une équipe de chercheurs a pu expliquer pourquoi de fortes canicules en plaine s'accompagnent d'intenses orages à la tombée de la nuit, en montagne.

En décembre 2009 se déroule la conférence de Copenhague sur le climat. Je suis tranquillement cet évènement depuis mon laboratoire, en région parisienne. Il se trouve que cet hiver connaît des records de froid en Amérique du Nord et de féroces tempêtes de neige en Europe... ce qui amuse évidemment les journalistes présents à cette conférence sur le réchauffement de la planète. C'est d'ailleurs une question récurrente à laquelle les climatologues doivent répondre : comment peut-il faire froid dans un monde qui se réchauffe ?

En février 2012, je me rends à Hawaï, pour un colloque sur les paléoclimats, mon maillot de bain dans ma valise... Las ! un évènement record de La Niña touche l'océan Pacifique. Cette situation météorologique provoque dépression sur dépression. Orages, déluges et glissements de terrain sont au programme. Je suis contraint de les observer de la fenêtre de l'hôtel, en me promettant d'examiner les données météorologiques dès mon retour à la maison.

Souvenons-nous de *Carmen*, l'opéra filmé de Francesco Rossi : les images de Séville sous un ciel d'azur et un soleil de plomb font évidemment rêver, après l'hiver parisien enneigé de 2013. Cette fois encore, quelle déconvenue ! Précipitations records et orages... L'apogée de l'aventure est atteinte au retour, à Paris, car l'aéroport est paralysé par des chutes de neige en ce

milieu de mars 2013, l'un des plus pluvieux au sud de l'Europe depuis le milieu du xx<sup>e</sup> siècle.

En octobre de la même année, découragés par notre expérience sévillane, nous choisissons le Nord. Au retour, notre avion est immobilisé à l'aéroport de Hambourg par la tempête Christian, la première d'une longue série qui sévit tout au long de l'hiver sur le nord de l'Europe, jusqu'en février 2014, tandis qu'il fait exceptionnellement doux en France.

Le fait d'avoir vécu tous ces événements n'a rien de remarquable mais mon métier consiste justement à essayer de les comprendre et de prévoir s'ils risquent de se reproduire. En tant que climatologue, je cherche à connaître les mouvements de l'atmosphère, notamment en utilisant les données numériques sur la météorologie et le climat. Ces données permettent de guider l'intuition du chercheur qui veut décortiquer les faits et les observations. L'objectif de ce livre est donc de fournir des clés qui permettent de comprendre l'une des facettes les plus mystérieuses du changement climatique : les événements extrêmes.

## CHAPITRE I

# POURQUOI S'INTÉRESSER AUX EXTRÊMES ?

Le climat s'est réchauffé au cours des cent dernières années. Les tempêtes, les canicules, ou les inondations sont-elles plus fréquentes ? Comment savoir si ces événements sont aussi exceptionnels ? Ces questions nous taraudent légitimement et sont l'objet de grands chantiers de recherche.

QUE SONT LES EXTRÊMES ?

### *Quelques définitions*

Pour un scientifique, il est important de donner une définition aussi précise que possible des termes employés. Et quand on parle d'extrêmes, et *a fortiori* climatiques, on trouve de nombreuses définitions qui peuvent sembler contradictoires. Ainsi, plusieurs communautés scientifiques utilisent la formule « extrême climatique » pour désigner des événements assez différents. À l'inverse, et paradoxalement, les expressions « extrêmes climatiques » et « extrêmes météorologiques » sont délicates à dissocier,

même si la météorologie et la climatologie sont deux sciences distinctes (voir page 30).

Ces définitions des extrêmes peuvent être regroupées en trois catégories. Je commencerai par celle du mathématicien et, plus précisément, du statisticien. Pour lui, l'extrême désigne les *très grandes* valeurs d'une grandeur, c'est-à-dire celles qui s'éloignent de *beaucoup* de la *moyenne* et des valeurs qui gravitent autour. Les mathématiciens peuvent donner un sens très précis aux mots que j'ai indiqués en italique, avec des formules simples à calculer. Ils parlent souvent de la *queue de la distribution* pour parler d'extrêmes. Par exemple, si l'on s'intéresse à la température quotidienne estivale à Paris, les extrêmes chauds dépassent 35 °C, ce qui est assez rare. Sur la courbe des températures mesurées dans la capitale – soit leur *distribution* –, la valeur de 35 °C se trouve dans la *queue supérieure* de cette distribution. La définition mathématique de l'extrême est donc d'une simplicité étonnante, et elle permet de décrire des observations, de faire des prévisions, de calculer des incertitudes. Les extrêmes de vent ou de précipitations peuvent être traités à l'identique : ce seront à peu de chose près les mêmes équations probabilistes... et les mathématiciens aiment les concepts qui peuvent s'appliquer à toutes sortes de situations !

Le physicien devenu climatologue (c'est-à-dire l'essentiel des climatologues) a rarement une formation très poussée en mathématiques. Sa vision est beaucoup plus phénoménologique. Le phénomène « tempête » n'a, par exemple, rien à voir

avec le phénomène « vague de chaleur » car, pour lui, les variables et les mécanismes physiques qui conduisent à ces événements sont complètement différents. Dans le cas de tempêtes extra-tropicales, comme Lothar et Martin en décembre 1999, des instabilités de pression sont en cause, se déplaçant vers l'est à des vitesses proches de 60 km/h, mais ce déplacement s'accompagne de vents parfois supérieurs à 150 km/h. La définition du physicien est également quantitative pour certains extrêmes, comme les tempêtes, les vagues de chaleur, les vagues de froid. En particulier, dans le cas des tempêtes, le physicien va distinguer les tempêtes extra-tropicales des méditerranéennes (qui conduisent aux épisodes cévenols dans le sud de la France). Les deux types de phénomènes se traduisent par des pluies et des vents intenses, mais leurs origines et leur portée sont complètement différentes. Il ne suffit donc pas d'étudier la queue de la distribution du vent ou de la pluie pour qualifier l'évènement, il faut en avoir une connaissance plus globale.

La troisième catégorie de définitions est *sociétale* : on s'intéresse plus aux événements qui causent des dégâts spectaculaires qu'à ceux qui ne touchent ni les hommes ni leurs biens. Pour beaucoup, les événements climatiques se mesurent par leur coût financier ou en nombre de morts. Une telle définition est nécessairement subjective : des vents à 150 km/h qui traversent le nord de la Scandinavie n'affectent personne car ils ne provoquent aucun décès et ne détruisent aucune maison. En revanche, si le vent atteint de telles vitesses en région parisienne (à partir

d'un phénomène similaire), il nous préoccupe énormément. Cette définition repose en réalité sur la *vulnérabilité* de notre société : on s'intéresse à la combinaison entre un aléa climatique (qui peut tomber n'importe où sur la planète) et l'exposition de la société (les personnes et les biens). Si la Terre était uniformément peuplée, les définitions économique (vulnérabilité) et physique (aléa climatique) seraient équivalentes. Mais ce n'est pas le cas, ce qui complique la communication autour des extrêmes, et... justifie la rédaction de ce livre !

### *Classement des extrêmes*

On peut considérer qu'il existe deux grands types de phénomènes extrêmes : ceux qui durent longtemps, plusieurs jours voire plusieurs mois, et ceux qui naissent et disparaissent en quelques heures ou quelques dizaines d'heures. Certains chercheurs nomment les premiers des « extrêmes climatiques » et les seconds des « extrêmes météorologiques », sous-entendant que le climat concerne les temps longs, et la météorologie les temps courts. J'avoue que je n'adhère pas à ce partage, pour des raisons que je discuterai par la suite se rapportant au débat entre météorologie et climatologie (voir page 30). La raison pragmatique la plus immédiate est que les extrêmes qui durent sont liés à la persistance anormale de situations météorologiques, et que ces phénomènes peuvent s'interrompre en seulement un ou deux jours, c'est-à-dire aussi rapidement qu'un extrême météorologique peut naître. Par la suite,

et comme le recommande le dernier rapport du GIEC sur les extrêmes, je parlerai indifféremment d'extrêmes climatiques ou météorologiques, tout en ayant en tête une différence profonde entre climatologie et météorologie.

- Dans la première catégorie, on peut recenser :
- les sécheresses météorologiques capables de mettre les récoltes en péril ou, pour les plus intenses, de conduire à la désertification d'une région ;
  - les canicules estivales qui, accompagnées de sécheresses, fragilisent les écosystèmes ;
  - les vagues de froid hivernales et leurs cohortes de conséquences sur la santé.

Ces phénomènes s'installent sur la durée et marquent une saison (hiver ou été) sur une zone géographique assez large (par exemple, dans un rayon de 1 000 km).

La seconde catégorie regroupe des événements qui durent quelques jours au plus, ou touchent des surfaces très limitées. On peut citer :

- les tempêtes, en particulier celles qui traversent l'Atlantique Nord pour déferler en Europe ;
- les cyclones, qui ravagent les zones tropicales ;
- les précipitations estivales, comme les événements cévenols du sud de la France, qui se déclenchent en moins d'une demi-journée sur les reliefs montagneux.

Ces phénomènes sont soudains et se développent en quelques heures ou quelques jours au maximum. Les échelles spatiales de leur maximum d'intensité peuvent être très petites – un ou deux départements français lors de la tempête Xynthia en 2010 – ou très grandes – des

centaines de milliers de kilomètres carrés pour les cyclones comme Katrina en 2005.

#### CLIMATOLOGUES, EXTRÊMES ET SOCIÉTÉ

Je suis souvent sollicité par la presse quand une catastrophe climatique provoque de gros dégâts. Ce genre d'entretien suit une logique : il est donc parfaitement prévisible, contrairement aux extrêmes eux-mêmes, et reflète très bien les attentes du citoyen. On peut être frappé par le décalage entre la communication autour des extrêmes climatiques, leurs éventuelles causes anthropiques et l'état objectif de la connaissance scientifique. En effet, ces phénomènes sont d'une complexité extrême et le scientifique qui doit répondre aux questions que se pose la société, par le canal des journalistes, est amené, souvent à contrecœur, à les simplifier. Cette simplification peut mener à des malentendus quand le public cherche à réinterpréter les propos du chercheur. Ce livre va chercher à dissiper quelques malentendus que l'on peut entendre parfois.

#### *Que s'est-il passé ?*

Avant de se prononcer sur un évènement climatique, il est évidemment nécessaire d'en posséder toutes les données. Pour certains, comme les tempêtes, il est généralement nécessaire d'attendre quelques jours avant d'avoir une vision complète du phénomène. Ces journées permettent aux services météorologiques de confronter leurs observations (chaque mesure

doit être vérifiée) afin d'avoir la vision la plus complète possible. Pour ces raisons, seuls les services météorologiques, qui sont en première ligne, ont tous les éléments pour décrire les événements juste après leur déroulement. Un climatologue n'est donc pas le mieux placé pour avoir un avis « à chaud », car il se trouve nécessairement en deuxième ligne derrière ses collègues des services opérationnels.

### *L'évènement est-il exceptionnel ?*

La deuxième question porte souvent sur le caractère exceptionnel du phénomène. Dans le langage des climatologues, c'est ce qu'on appelle la *détection* (du signal). Les réponses du météorologue et du climatologue diffèrent : le premier soulignera – à juste titre – que l'évènement est unique en France, au regard des observations des cinquante dernières années. Pour le climatologue, en revanche, ces événements extrêmes et dévastateurs ont toujours existé dans le passé et continueront à se produire dans le futur. Il n'y a pas de raison pour qu'ils cessent. Et les événements extrêmes sont, par essence, rares. Si l'évènement concerne la France, par exemple la tempête Xynthia en 2010, on peut souligner que les côtes de Vendée et de Charente-Maritime sont assez réduites, par rapport à la ligne de la côte ouest de l'Europe... qui est touchée tous les ans par des tempêtes souvent plus intenses. C'est donc un coup de malchance si Xynthia a ravagé deux départements français qui n'y étaient pas préparés. D'autre part, ce genre d'évènement

était assez fréquent aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, et les populations y étaient adaptées malgré l'absence des organismes météorologiques performants actuels. Si une telle tempête est unique à l'échelle d'une génération, elle ne l'est donc pas du tout à l'échelle de l'histoire de France et de l'Europe.

*Les évènements deviennent-ils plus fréquents  
et plus intenses ?*

L'apparition des extrêmes n'est pas anormale en soi. Est-ce que les évènements extrêmes deviennent plus fréquents ? Quel que soit le phénomène évoqué, il n'y a pas de réponse simple sans un peu de statistiques et de physique (voir chapitre V, page 89) mais, d'une manière générale, la réponse est non. Deviennent-ils plus intenses ? Là encore, tout dépend du mode de mesure. On peut quantifier une vague de chaleur par la température la plus forte enregistrée, par la température cumulée pendant la vague – ce qui se rapproche d'un bilan énergétique –, par la durée de la vague de chaleur. Le climatologue peut imaginer des manières multiples et pertinentes pour caractériser une vague de chaleur... et leur fréquence peut apparaître très différente selon la méthode employée. Pour une tempête, c'est pareil : on peut considérer la vitesse du vent près du sol, les différences de pression, le vent en altitude, l'énergie dégagée dans toute la colonne atmosphérique... toutes ces grandeurs ne conduisent pas à des descriptions équivalentes, mais elles ont pourtant toutes de bonnes

raisons d'être considérées. Je reviendrai sur cette question dans le chapitre V, page 89.

*L'homme est-il responsable  
des extrêmes climatiques ?*

Se pose alors une quatrième question, tout aussi importante : tout cela est-il dû au réchauffement global, au trou dans la couche d'ozone ou bien à l'activité humaine ? Après la *détection*, on aborde l'*attribution* qui consiste à identifier la cause la plus probable d'un phénomène. S'il existe une corrélation entre l'augmentation du nombre des événements extrêmes détectés et la température, cela ne nous éclaire pas sur la causalité. L'attribution (à une cause particulière) d'un événement extrême isolé est une tâche scientifiquement délicate et elle est controversée quant à son interprétation « grand public », en particulier à cause des incertitudes parfois très grandes. Un groupe de climatologues britanniques a mis au point un outil d'analyse des événements extrêmes atmosphériques, des dizaines de milliers d'ordinateurs faisant varier tous les paramètres possibles d'un modèle climatique<sup>1</sup>. Son mode opératoire consiste à simuler des conditions météorologiques quelques semaines avant l'événement incriminé, à partir des conditions initiales observées, mais en modulant tous les facteurs susceptibles d'influencer les mouvements atmosphériques : activités solaire et volcanique, composition de l'atmosphère, état de l'océan... Ainsi, à partir de plusieurs dizaines

---

1. Il est possible de participer à ces expériences en ligne [[www.climateprediction.net](http://www.climateprediction.net)].

de milliers d'expériences (ce qui rend l'exercice inabordable pour l'essentiel des autres groupes de recherche), est évaluée la probabilité d'obtenir l'évènement observé à partir d'hypothèses de causalité. Si une cause, par exemple liée à l'activité humaine, augmente sensiblement la probabilité de retrouver l'évènement observé, l'outil calcule la contribution de cette cause à l'augmentation de la probabilité. En aucun cas il n'est dit que l'activité humaine a causé l'évènement extrême, ce qui est impossible. Cependant, pour certains phénomènes, le réchauffement séculaire peut avoir joué un rôle : les inondations du pays de Galles en 2000, la canicule de 2003... et l'hiver tempétueux de 2014 ! D'autre part, cet exercice est tellement coûteux, en temps de calcul, en ressources informatiques (des dizaines de téraoctets de données sont générés) et humaines, qu'il est impossible de le répéter systématiquement pour tout épisode extrême dans le monde.

*Les extrêmes vont-ils changer dans le futur ?*

L'alternative à cette interrogation (ou la question subsidiaire) porte sur les extrêmes du futur. Seront-ils plus fréquents ? Curieusement, la réponse est techniquement plus simple que la précédente et la donner peut faire illusion en ce qui concerne l'attribution. Des dizaines de simulations climatiques ont été effectuées pour le XXI<sup>e</sup> siècle, moyennant des scénarios d'activité économique optimistes (sobres en émissions de gaz à effet de serre) ou pessimistes. Une grande part de ces simulations ont été décrites et