



## Qu'est-ce que la Climatologie ?

Qu'est ce que la Climatologie ? La climatologie, branche de la géographie physique, est l'étude du climat, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps. L'étude du temps à court terme est le domaine de la météorologie. Il n'existe pas de climatologue, mais que par abus de langage on appelle souvent les météorologues climatologues. En règle générale, le climat ne varie pas, ou assez peu, en un endroit donné du globe, sur une durée de l'échelle du siècle. Mais sur des temps géologiques, le climat peut changer considérablement. Par exemple, la Scandinavie a connu plusieurs périodes glaciaires dans le dernier million d'années. L'étude des climats passés est la paléoclimatologie. Cette étude en fonction de l'histoire humaine s'appelle climatologie historique. La climatologie est constituée d'une multitude de disciplines scientifiques. On y retrouve entre autres les astrophysiciens qui s'intéressent à la quantité d'énergie solaire reçue par la terre, les dynamiciens de l'atmosphère qui s'intéressent aux échanges d'énergie entre les différentes couches de l'atmosphère, les chimistes de l'atmosphère (aérologue) qui étudie la composition de l'air, d'océanographes, de glaciologues, de vulcanologues, des géophysiciens, des biochimistes, de biologistes... C'est l'addition du savoir de chacune de ces disciplines qui permet d'obtenir une compréhension globale de l'histoire de notre climat, ainsi que de permettre de faire des projections pour prédire statistiquement son évolution. La connaissance de nombreux paramètres, comme la température à différentes altitudes, l'influence

des gaz à effet de serre, l'humidité relative, l'évaporation océanique, est nécessaire pour produire des modèles climatiques numériques et anticiper les changements du climat que l'on peut prévoir à plus ou moins long terme (30 ans). Si la climatologie s'intéresse essentiellement à l'étude et à la classification des climats existants sur terre, une partie de la discipline traite aussi de l'interaction entre climat et société : -Que ce soit l'influence du climat sur l'Homme ou de l'Homme sur le climat.

L'Homme et le climat : histoire de la climatologie

Avant le XVIIe siècle

Avant l'observation systématique du temps, il existait déjà un sens inné du climat dans le sens d'une moyenne auquel il était possible de comparer les événements climatiques (ex : décrire une tempête comme forte sous-entend de savoir ce qu'est une tempête moyenne). L'agriculture nécessite aussi une connaissance empirique du climat, par exemple, de la mousson. En Europe, les premières traces écrites de climatologie datent de la Grèce antique. Par exemple, Xenophon décrit précisément le climat d'Athènes dans Les Revenus et s'intéresse aux liens entre plantes et climat, Herodote s'interroge sur le mécanisme des crues du Nil et Aristote fait le lien entre une Terre sphérique et une diminution de la température vers le nord et le sud (à cause de l'angle que font les rayons du Soleil avec la Terre)<sup>1</sup>. En 334 av. J.-C., ce même auteur publie aussi Meteorologica<sup>2</sup>, un traité sur la météorologie qui fera autorité sur le sujet jusque dans les années 1700<sup>3</sup>. En Chine, la première mention connue du climat date de la dynastie Xia (XXIe siècle-XVIe siècle av. J.-C.) sous la forme d'un texte d'environ 400 mots appelé Xia Xiao Zheng. Ce texte décrit les conditions météorologiques moyennes de chaque mois de l'année<sup>3</sup>

Entre le XVIIe siècle et le XIXe siècle

L'invention du thermomètre dans les années 1600 en Italie marque le commencement de mesures de température régulières<sup>4</sup>, indispensables à la climatologie moderne. L'invention du baromètre et du pluviomètre suivent rapidement en 1643 et 1639<sup>3</sup>. Le premier réseau de mesures météorologiques fut créé en 1653 par Ferdinand II de Médicis en Toscane<sup>3</sup>. Puis, en 1664, commence à Paris la plus longue série d'observation météorologique connue<sup>3</sup>. En 1683, Edmond Halley publie une carte mondiale des vents basé sur ses expéditions marines. Il décrit en 1686 le principe de la mousson et des Alizés<sup>3</sup>. Ensuite, George Hadley lie en 1735 les Alizés et la rotation de la Terre par ce qui s'appelle aujourd'hui la/celle de Hadley. En Amérique, en 1785, Benjamin Franklin publie la première carte du Gulf Stream et lie ce phénomène à l'action du vent<sup>5</sup>. En 1838 Claude Pouillet puis Joseph Tyndall attribuent l'effet de serre naturel à la vapeur d'eau et au gaz carbonique. Pouillet affirme qu'une modification de leurs quantité dans l'atmosphère doit se traduire par un changement climatique<sup>6,7</sup>. En 1843, Alexandre von Humboldt, dans un effort de réunir des données éparses et de dégager des lois générales, invente le vocable de climatologie : « Depuis un demi-siècle, on a accumulé des observations de température sous les climats divers sans reconnaître les lois dont elles sont l'expression fidèle, lois qui ne peuvent se manifester qu'en groupant les faits d'après des considérations théoriques »<sup>8</sup>. En 1882, dans un des premiers livres sur le sujet<sup>9</sup>, Julius von Hann définit la climatologie comme étant la science des états de l'atmosphère. Il sépare ainsi la climatologie de la météorologie qu'il définit comme la science de l'atmosphère (au moment présent). Dans ce traité, la climatologie se présente sous deux formes: l'étude de l'état moyen de l'atmosphère (classification des climats...) et l'étude des écarts à cette moyenne<sup>10</sup>. En 1895, Svante Arrhenius lie l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et un réchauffement sensible de la Terre. Il se base pour cela sur les observations de la lune faites dans l'infrarouge qui donne une estimation des capacités d'absorption de la vapeur d'eau et du CO<sub>2</sub>. Malgré des calculs inexacts, il énonce un des premières lois sur l'effet de serre: Si la quantité d'acide carbonique augmente en progression géométrique, l'augmentation de la température suivra, presque avec une progression arithmétique<sup>11</sup>. Il donne pour ordre de grandeur 4 °C en plus pour un doublement du CO<sub>2</sub> dans l'air. Depuis le XIXe siècle

Malgré les avancées du XIXe siècle, la climatologie n'a, au début du XXe siècle, qu'un impact limité<sup>12</sup>. On étudie surtout les moyennes climatiques, par exemple à

travers une classification mondiale des climats<sup>12</sup>. Durant la deuxième guerre mondiale, principalement à cause du développement de l'aviation, le réseau de mesures météorologiques s'améliore. L'intérêt pour la météorologie augmente<sup>12</sup> ce qui pousse aussi à un regain d'intérêt pour la climatologie. Le développement de l'informatique permet aussi la création des premiers modèles climatologiques comme, par exemple, celui de Norman Phillips en 1956<sup>13</sup>. Les domaines d'études des climats en fonction de la taille des zones géographiques du climat régional au climat local, de leurs positions sur le globe (Classification des climats). Création et l'utilisation de modèles climatiques dans le but de comprendre et de prévoir le climat. Étude des macro phénomènes climatiques (El Nino, les moussons l'oscillation de Madden-Julian, l'oscillation nord-atlantique...). Étude de l'impact des changements climatiques sur la société et l'environnement. Étude des variations anciennes du climat (Paléoclimatologie). Les grands éléments du système climatique

**L'atmosphère** Atmosphère : du grec atmos -vapeur humide- et sphère On entend souvent par le terme atmosphère, la première de ses couches, à savoir la troposphère. L'atmosphère est une enveloppe gazeuse fondamentale à l'existence des êtres vivants et de la vie en milieu terrestre. Celle-ci joue également un rôle majeur dans le cycle de l'eau. (Évaporation=précipitations) L'air en son sein est défini en termes de température, pression, charge humide et mouvements ou direction (horizontaux et verticaux). La partie de l'atmosphère la plus proche de la Terre est donc la troposphère, dans laquelle se jouent les principaux phénomènes météorologiques. Cette couche de l'atmosphère n'apparaît pas régulièrement dans la mesure où l'on observe une épaisseur plus importante au niveau de l'équateur (17 à 18 km). Structure thermique atmosphérique et couches On notera la présence de gradients thermiques qui varient sur une échelle horizontale de la troposphère jusqu'à l'ionosphère. Jusqu'à environ 15 km d'altitude la température diminue (troposphère supérieure) L'air, dans cette basse couche (8 à 9 km) est soumis à d'importantes turbulences. Cette instabilité a pour origine les reliefs ainsi que les contrastes thermiques générés par les grands ensembles continentaux et océaniques. La tropopause constitue la limite supérieure de la troposphère. La température moyenne y est de  $-57^{\circ}\text{C}$ . La stratosphère De 15 à 50 km. La température se remet à augmenter doucement. La cause est simple et provient de l'absorption par l'ozone des rayons Ultra Violet qu'elle contient. Le courant-jet, courant horizontal majeur trouve sa place dans cette stratosphère. La stratopause est la limite supérieure de cette couche. La mésosphère De 50 à 80 km. Le gradient thermique redevient négatif. Il le devient à 80 km d'altitude d'environ  $-65^{\circ}\text{C}$ . La mésopause constitue sa limite supérieure. L'ionosphère ou thermosphère De 80 à 100 km environ. Les températures augmentent fortement. On assiste à l'intérieur de cette couche atmosphérique au phénomène de dissociation des molécules d'hydrogène et de dioxygène. La thermopause, limite supérieure, reste floue. Le rôle de l'énergie solaire L'effet de serre : L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète. La prise en compte de ce mécanisme est nécessaire pour expliquer les températures observées à la surface de la Terre et de Vénus. Dans le système solaire l'essentiel de l'énergie thermique reçue par une planète provient du rayonnement solaire et, en l'absence d'atmosphère, une planète rayonne idéalement comme un corps noir, l'atmosphère d'une planète absorbe et réfléchit une partie de ces rayonnements modifiant ainsi l'équilibre thermique. Ainsi l'atmosphère isole la Terre du vide spatial comme une serre isole les plantes de l'air extérieur. L'expression effet de serre résulte d'une analogie entre l'atmosphère et les parois d'une serre. Son usage s'est étendu dans le cadre de la vulgarisation du réchauffement climatique causé par les gaz à effet de serre qui bloquent et réfléchissent une partie du rayonnement thermique 1. Or le bilan thermique d'une serre s'explique essentiellement par une analyse de la convection et non du rayonnement : la chaleur s'accumule à l'intérieur de la serre car les parois

bloquent les échanges convectifs entre l'intérieur et l'extérieur. Aussi, le terme scientifique, utilisé par la communauté des climatologues pour décrire l'influence des gaz à effet de serre, composants de l'atmosphère bloquant le rayonnement infrarouge, sur le bilan thermique de la Terre, est for&ccedil;age radiatif. Les températures terrestres résultent d'interactions complexes entre les apports solaires perturbés par les cycles de l'orbite terrestre, de l'effet albédo de l'atmosphère, des courants de convection dans l'atmosphère et les océans, du cycle de l'eau et le for&ccedil;age radiatif de l'atmosphère notamment. La circulation atmosphérique : La circulation atmosphérique est le mouvement à l'échelle planétaire de la couche d'air entourant la Terre qui redistribue la chaleur provenant du Soleil en conjonction avec la circulation océanique. En effet, comme la Terre est un sphéroïde, la radiation solaire incidente au sol varie entre un maximum aux régions faisant face directement au Soleil, situé selon les saisons plus ou moins loin de l'équateur, et un minimum à celles très inclinés par rapport à ces derniers proches des Pôles. La radiation réémise par le sol est liée à la quantité d'énergie re&ccedil;ue. Il s'ensuit un réchauffement différentiel entre les deux régions. Ce déséquilibre thermique a pour conséquence la création d'un type particulier de cellules de convection près de l'équateur. Plus loin de celui-ci, la rotation de la Terre influence le trajet de l'air selon la répartition des pressions et les toutes formes la circulation atmosphérique. Les changements climatiques Un changement climatique, ou dérèglement climatique, correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures<sup>1</sup> ou, plus récemment, aux activités humaines. Le changement climatique anthropique est le fait des émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines, modifiant la composition de l'atmosphère de la planète<sup>2</sup>. À cette évolution viennent s'ajouter les variations naturelles du climat. Dans les travaux du GIEC<sup>3</sup>, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines<sup>4</sup>. Au contraire, dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques<sup>5</sup>, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle. Le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire, ou réchauffement global, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère terrestre, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies, et qui traduit une augmentation de la quantité de chaleur de la surface terrestre. Dans son acception commune, ce terme est appliqué à une tendance au réchauffement global observé depuis le début du XXe siècle. En 1988, l'ONU crée le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) chargé de faire une synthèse des études scientifiques sur cette question. Dans son dernier et quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays<sup>1</sup>, le GIEC affirme que le réchauffement climatique depuis 1950 est très probablement c 1 dû à l'augmentation des gaz à effet de serre d'origine anthropique. Les conclusions du GIEC ont été approuvées par plus de quarante sociétés scientifiques et académies des sciences, y compris l'ensemble des académies nationales des sciences des grands pays industrialisés<sup>2</sup>. Dans une étude publiée fin 2012, qui a compilé et comparé des simulations issues de vingt modèles informatiques différents et des informations issues des observations satellites, une équipe de climatologues du Lawrence Livermore National Laboratory<sup>3</sup> du département de l'Énergie des États-Unis (DoE) et de 16 autres organisations a conclu que les changements de température de la troposphère et de la stratosphère sont bien réels et qu'ils sont clairement liés aux activités humaines<sup>4</sup>. Les projections des modèles climatiques présentées dans le dernier rapport du GIEC indiquent que la température de surface du globe est susceptible d'augmenter de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires au cours du



XXI<sup>e</sup> siècle. Les différences entre les projections proviennent de l'utilisation de modèles ayant des sensibilités différentes pour les concentrations de gaz à effet de serre et utilisant différentes estimations pour les émissions futures. La plupart des études portent sur la période allant jusqu'à l'an 2100. Cependant, le réchauffement devrait se poursuivre au-delà de cette date, même si les émissions s'arrêtent, en raison de la grande capacité calorifique des océans et de la durée de vie du dioxyde de carbone et des autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Des incertitudes sur la hausse de température globale moyenne subsistent du fait de la précision des modélisations employées, et des comportements étatiques et individuels présents et futurs. Les enjeux économiques, politiques, sociaux, environnementaux, voire moraux, étant majeurs, ils suscitent des débats nombreux, à l'échelle internationale, ainsi que des controverses. Néanmoins l'impact économique, sociologique, environnemental voire géopolitique de ces projections est globalement négatif à moyen et long terme<sup>5</sup>. Le premier objectif déclaré de la COP 21 (Conférence Paris Climat) de décembre 2015 est d'ailleurs de maintenir le réchauffement climatique mondial en-deçà de 2 °C d'ici 2100 par rapport à l'ère préindustrielle. Plus de pluies en Europe occidentale, multiplication de mini tornades de type tropical<sup>14</sup> dans des zones tempérées<sup>15</sup>, risque de sécheresse et de désertification de la péninsule Ibérique<sup>16</sup>, modification du Gulf stream entraînant une possible rupture de la circulation thermohaline... les effets les moins facilement prédictibles sont les plus significatifs, à savoir : à partir de quel seuil de rupture s'enclenche une boucle de rétroaction<sup>17</sup> qui, une fois lancée, échappera à toute tentative humaine pour la juguler ? Ces aspects induisent des réflexions pour agir sur le climat, qui reviendraient à expérimenter sur ce terrain ce qui est scientifiquement confiné à une expérience de laboratoire : lire géo-ingénierie. Risque, aléas et vulnérabilité des sociétés face au climat La question de l'impact de l'évolution du climat sur le milieu dans lequel évoluent nos sociétés est essentielle. Une des réponses des spécialistes est d'étudier le passé climatique de la Terre (les glaciations et les périodes interglaciaires par exemple) pour en tirer des enseignements (voir paléoclimat), et d'utiliser des modèles de simulation du climat pour tenter d'extrapoler les conséquences d'évolution de certains paramètres (typiquement la température moyenne). Les risques identifiés sont principalement les conséquences d'une augmentation rapide de la température (0,5°C durant le xxe siècle, à comparer à une augmentation de 1°C en 1000 ans lors des périodes de transition interglaciaire)<sup>18</sup>. Les conséquences de cette augmentation de température sont l'augmentation du niveau des océans (avec les risques d'inondation des zones côtières), l'accroissement de la désertification, la modification du régime des moussons, l'extinction d'espèces et la diminution de la biodiversité essentiellement<sup>18</sup>.

Bibliographie Climatologie, Jean Pierre Vigneau, Armand Colin, 2005 Les climats: processus, variabilité et risques, Gerard Beltrando, Armand Colin, 2004 Introduction à la climatologie, André Hufty, Broché, 2001 Dictionnaire du climat, Gérard Beltrando et Laure Chémery, Larousse, 1995, ISBN 2-03-720233-4 Locher, Fabien, Le Savant et la Tempête. Étudier l'atmosphère et prévoir le temps au XIX<sup>e</sup> siècle, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, coll. « Carnot », 2008 Notes et références &uarr; Pierre de Félice, L'Histoire de la Climatologie, L'Harmattan, 2006 &uarr; Aristote, Meteorologica available online [1] [archive] in english &uarr; a, b, c, d, e et f E. Linacre, Climate data and resources: a reference and guide, Routledge, 1992 &uarr; IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, Chapter 1.3.2 Global Surface Temperature &uarr; NOAA, <http://oceanexplorer.noaa.gov/library/readings/gulf/gulf.html> [archive] visité le 23 août 2011 &uarr; <http://arjournals.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.energy.25.1.441> [archive] &uarr; John Tyndall, Heat considered as a Mode of Motion <http://www.archive.org/details/heatconsideredas00tynduoft> [archive] (500 pages; year 1863, 1873). &uarr; Alexandre von Humboldt, Asie centrale. Recherches sur les chaînes de montagne et la



climatologie comparée. tome III, p.115, cité par Mireille Gayet, Alexandre de Humboldt, ADAPT-SNES éditions, p.358 &uarr; J.Hann, Handbuch der Klimatologie, Wien, 1882 &uarr; A.Douguedroit, la &quot;révolution scientifique&quot; de la climatologie pendant la seconde moitié du xxe siècle: Le paradigme de l'état du système climatique, Annales de l'Association Internationale de Climatologie, vol 2, 2005 &uarr; .(en) Svante Arrhenius, « On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground », Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. 5, no 41,&lrn; avril 1896, p. 237-276 (lire en ligne [archive])[PDF] &uarr; a, b et c A. Hufty, Introduction à la climatologie, De Boeck Université, Canada, 2001 &uarr; N.Phillips. &quot;The general circulation of the atmosphere: a numerical experiment&quot;. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 82 (352): 123&ndash;154, 1956. &uarr; Exemple à Gérardmer dans les Vosges [archive], le 1er juillet 2012. &uarr; Les tornades en France et dans le monde [archive]. &uarr; (es) L'hiver 2011/2012 aura été le plus sec vécu en Espagne depuis 70 ans [archive]. &uarr; Exemple de rupture : dégel des sols du permafrost en Sibérie orientale, libérant les quantités de méthane contenues dans les tourbières, un gaz 9000 fois plus contributeur que le CO2 à l'effet de serre. Source : Saison Brune &uarr; a et b La terre menacée, un laboratoire à risques, Stephen Schneider, (ISBN 978-2-012-353541) Articles connexes Théorie astronomique des paléoclimats Météorologie Océanographie Records climatiques Liste de climatologues Liens externes La Revue Climatologie Dossier Sagascience &quot;Le climat de la Terre&quot; du CNRS La complexité du climat, une animation proposée par la Fondation polaire internationale L'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) &mdash; &Eacute;tude des Sciences de l'environnement Le premier observatoire francophone du changement climatique Un site d'Universcience destiné à tous celles et ceux qui souhaitent approfondir leur connaissance et leur compréhension du changement climatique en cours : vous y trouverez les dernières observations, projections, ainsi que l'explication des mécanismes de base [Pour agrandir le tableau cliquer ici](#)