

Annexe 2 - Les Climats

Ce chapitre descriptif illustre les climats présents et passés et leurs principales caractéristiques.

1. La climatologie et les trente climats de Köppen-Geiger

La climatologie est, depuis la Grèce ancienne (Aristote, Eratosthène (né -276 à Cyrène, mort en -194 à Alexandrie), Hipparque (-190 à Nicée, -120 à Rhodes), Ptolémée (90 en Haute-Egypte, 168 à Canope)) une science géographique confortée par l'astronomie et la météorologie¹.

La description de trente climats types mise au point vers 1900 par le botaniste et géographe Vladimir Köppen (1846-1940) se fonde sur la végétation, la saisonnalité des précipitations et les températures extrêmes (figure 1).

Voir le site <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/> et les livres de géographie de A. Hufty ou de G. Beltrando².

Ce sont les limites entre ces climats qui, sur les derniers millénaires ont varié de quelques centaines de kilomètres en latitude et de quelques centaines de mètres en altitude (figure 2) selon les cycles climatiques dont la périodicité va de quelques dizaines d'années à des millénaires. Entre 1930 et 1970, la limite entre climats C (tempéré chaud) et D (neigeux) dans les plaines agricoles du Midwest américain autour de 40°N (latitude de Lisbonne, Naples, New-York et Pékin) s'est décalée (figure 3) de 200 km vers le sud puis est revenue vers le nord, selon un cycle de 60 ans.

Les historiens, dont ceux des climats³, les archéologues et les géologues ont mis en évidence l'importance des fluctuations climatiques pour le développement des civilisations sédentaires, depuis le début de l'holocène il y a 11 700 ans environ⁴.

¹ Le premier ouvrage de ce nom conservé est celui d'Aristote «*Météorologiques*» [https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9t%C3%A9orologiques_\(Aristote\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9t%C3%A9orologiques_(Aristote)) édition bilingue de Pierre Thillet, 2008, 616 pages Gallimard collection Tel n°356 aussi <http://remacle.org/bloodwolf/philosophes/Aristote/meteorologie.htm>

² André Hufty *Introduction à la climatologie Le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine* de boeck 2001, 542 pages
Gérard Beltrando *Les Climats, processus, variabilité et risques* Armand Colin, 2^{ème} édition 2011, 286 pages
Jean-Pierre Vigneau *La climatologie* Armand Colin, 2005, 200 pages
Gisèle Escourrou *Le climat de la France* PUF collection Que sais-je ?, 1982, 125 pages
Marcel Leroux *La dynamique du temps et du climat* 2^{ème} édition, Dunod 2004 367 pages
Hacène Arezki *Climat mensonges et propagande*, Thierry Soucar éditions, 2010, 300 pages

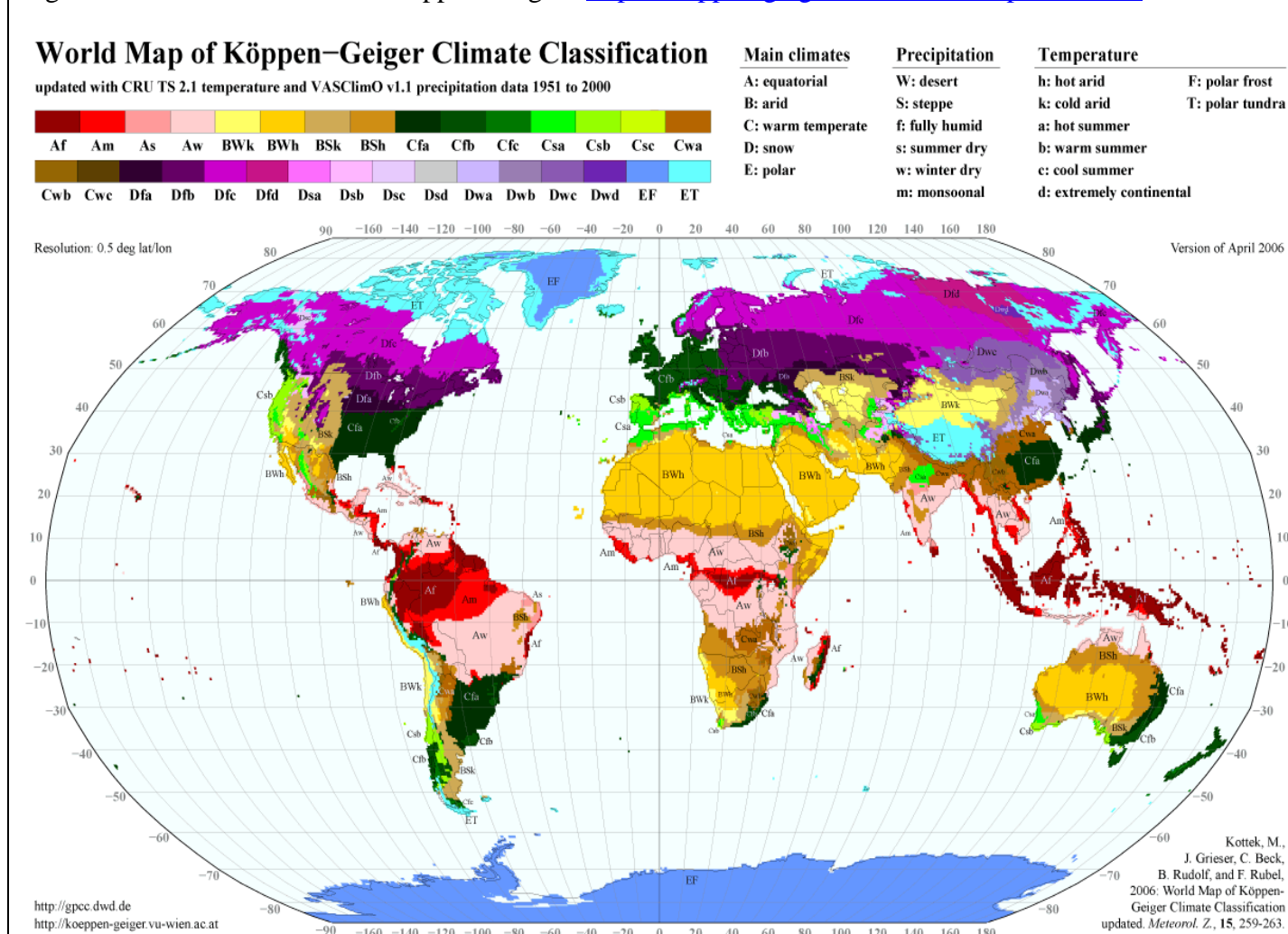
³ Nombreux livres de Emmanuel Leroy Ladurie ; Emmanuel Garnier *Les dérangements du temps 500 ans de chaud et de froid en Europe* Plon, 2010, 245 pages ; Roger Dubrion *Le climat et ses excès* Féret, Bordeaux, 2008, 160 pages
Christian Pfister *Wetternachhersage 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen* Haupt Verlag Bern 1999, 304 p.
Rüdiger Glaser *Klimageschichte Mitteleuropas* Primus Verlag 2008, pp. 108-109
Articles : Emmanuel Garnier – *Bassesses extraordinaires et grandes chaleurs 500 ans de sécheresses et de chaleurs en France et dans les pays limitrophes*. Colloque 193 SHF *Etiages, Sécheresses, Canicules rares et leurs impacts sur les usages de l'eau*, Lyon, 7-8 octobre 2009 ; Wetter, O., Pfister, C.: *An underestimated record breaking event: why summer 1540 was very likely warmer than 2003*, *Clim. Past Discuss.*, 8, 2695-2730, doi:10.5194/cpd-8-2695-2012, 2012 https://www.researchgate.net/profile/Christian_Pfister

⁴ Les dates avant le présent « BP » (Before Present) sont par convention rapportée à 1950 ; il faut donc en 2018 ajouter 68 ans à ces 11700 ans

L'astronome Herschel a, en 1801, montré que le prix du blé depuis le moyen-âge marquait sa rareté due à de mauvaises récoltes et se liait assez bien aux cycles solaires⁵.

Des ouvrages tels que « *Global crisis, war, climate change & catastrophe in the seventeenth century* »⁶ et pour la Chine « *Sous l'œil des dragons* »⁷ décrivent les conséquences politiques des coups de froid et des sécheresses, des mauvaises récoltes et des famines pendant le « *petit âge de glace* », disons de 1320 à 1860.

Figure 1 Les trente climats de Köppen Geiger <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>



Sont bien visibles à la figure 1 :

- les zones de climat équatorial humide en rouge foncé et rouge très foncé ;
- les zones de mousson, en rose clair avec une saison humide en été, de mai à septembre pour l'hémisphère nord, telles la mousson indienne, la mousson africaine, la mousson australienne et la mousson brésilienne ;
- les zones de steppes arides chaudes en bistre, et les zones désertiques aux latitudes entre 20° et 30° ;
- le climat méditerranéen, en vert clair où il ne pleut pas du tout en été ;

⁵ Lev A. Pustilnik, Gregory Yom Din *Influence of solar activity on state of wheat market in medieval England* <http://www.crawfordperspectives.com/documents/0312244SolarWheatMedEngl.pdf>
W. Herschel: Phil. Trans. Roy. Soc. London, 91, 265 (1801)

⁶ Geoffrey Parker, Yale University Press, 2013, 871 pages

⁷ Thimoty Brook, Payot, 2012, 421 pages

- les climats tempérés en vert foncé avec des précipitations toute l'année, plus chauds (C) ou plus neigeux (D) et leurs variantes continentales à été chaud vers 50°N en Russie et au Canada, avec des forêts d'arbres à feuilles caduques ;
- les climats Dfc en Sibérie, Scandinavie et nord du Canada, neigeux, à été frais et sans saison sèche, où seuls survivent certains conifères ;
- les zones ET de toundra polaire avec quelques lichens pour toute végétation.

Noter le fort contraste entre façades occidentales et orientales des continents : à la latitude de 40°N, New-York et Pékin ont des hivers bien plus rudes que Lisbonne ou Naples : voir au § 2-8 la comparaison des températures de Poitiers (France) et de Caribou aux USA dans l'état du Maine.

La figure 2 montre, en Suisse, le changement, entre la fin du « petit âge de glace » et la fin du XX^{ème} siècle, de la limite en altitude des différents types de végétation.

La figure 3 explique pourquoi certains ont aux Etats-Unis annoncé dans les années 1960 et 1970 l'arrivée imminente de la nouvelle grande glaciation, attribuée par les sectes écologistes et par leurs « scientifiques » aux aérosols de la coupable industrie humaine.

Figure 2 Evolution, entre la fin du petit âge de glace ou fin du XIX^{ème} siècle, et la fin du XX^{ème} siècle de la limite en altitude entre climats C, D et E près de Zürich.

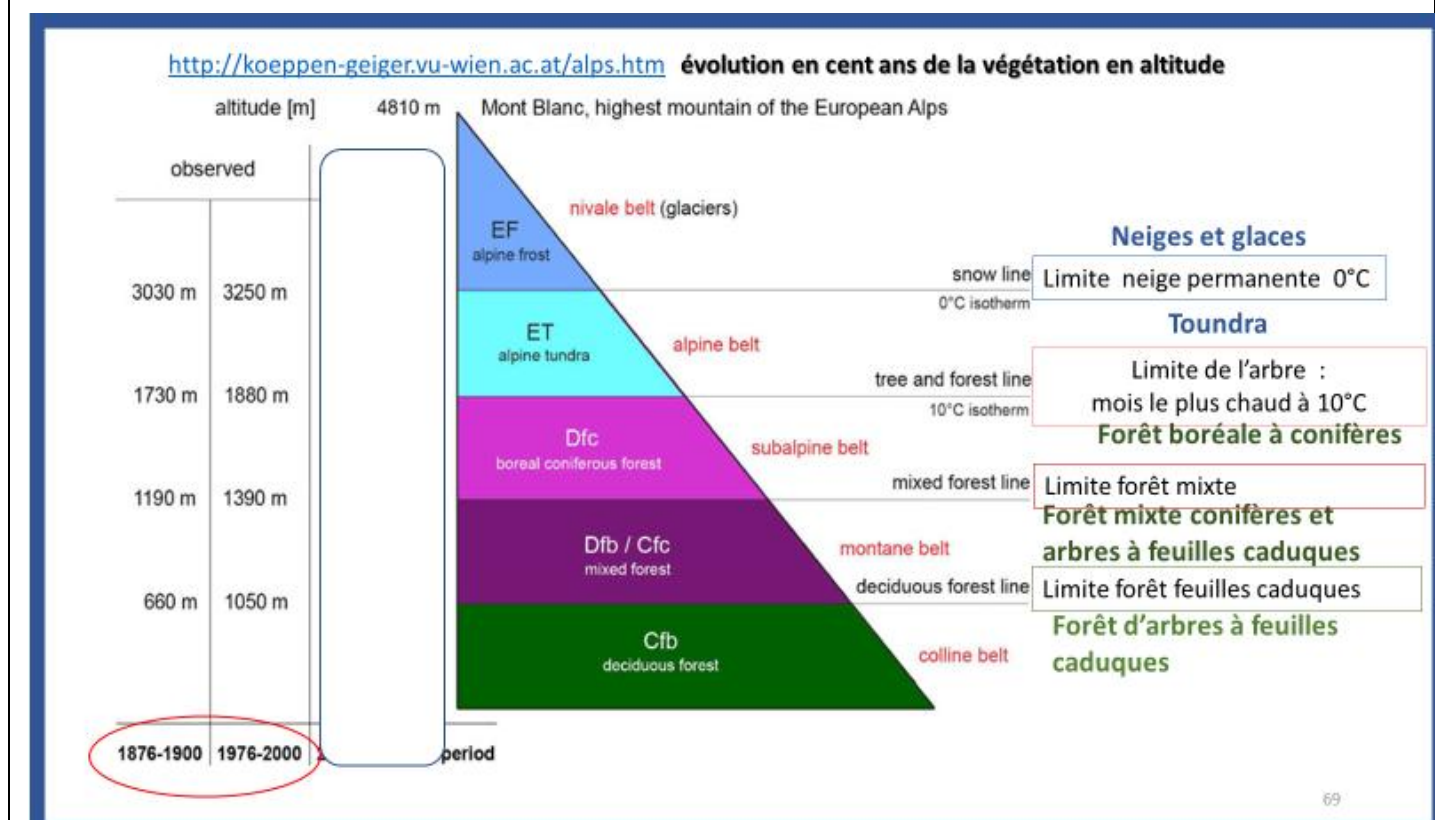
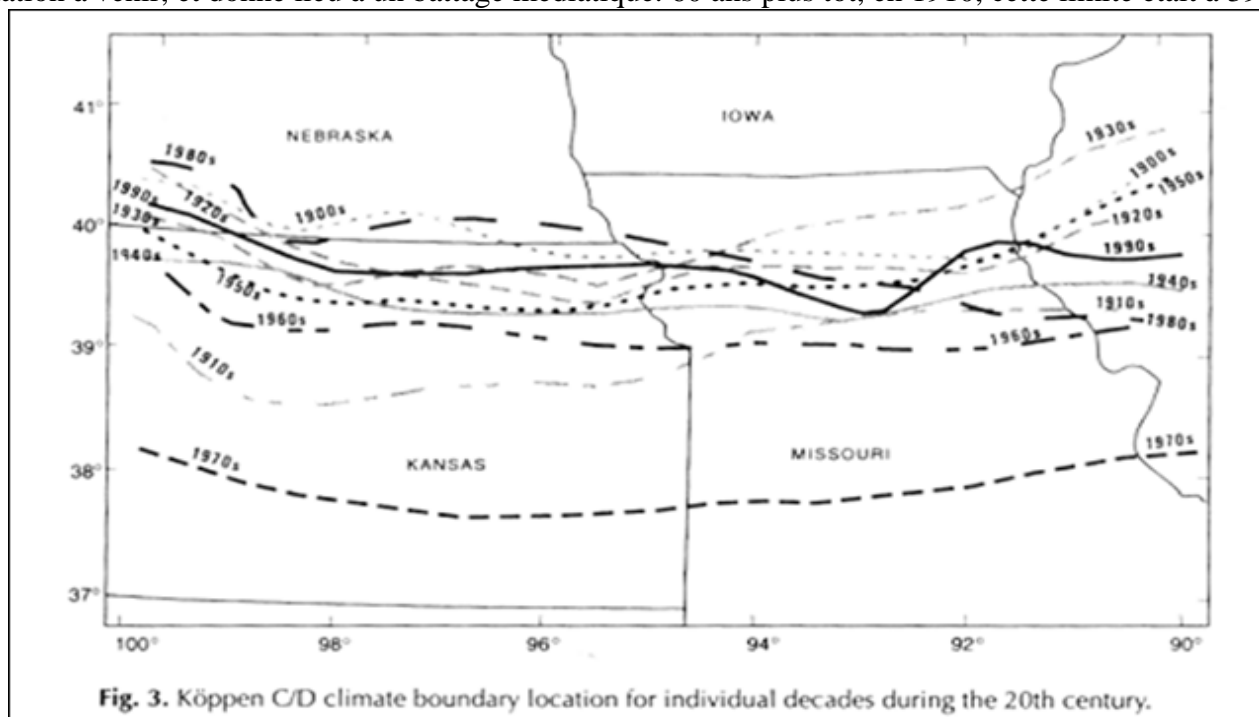


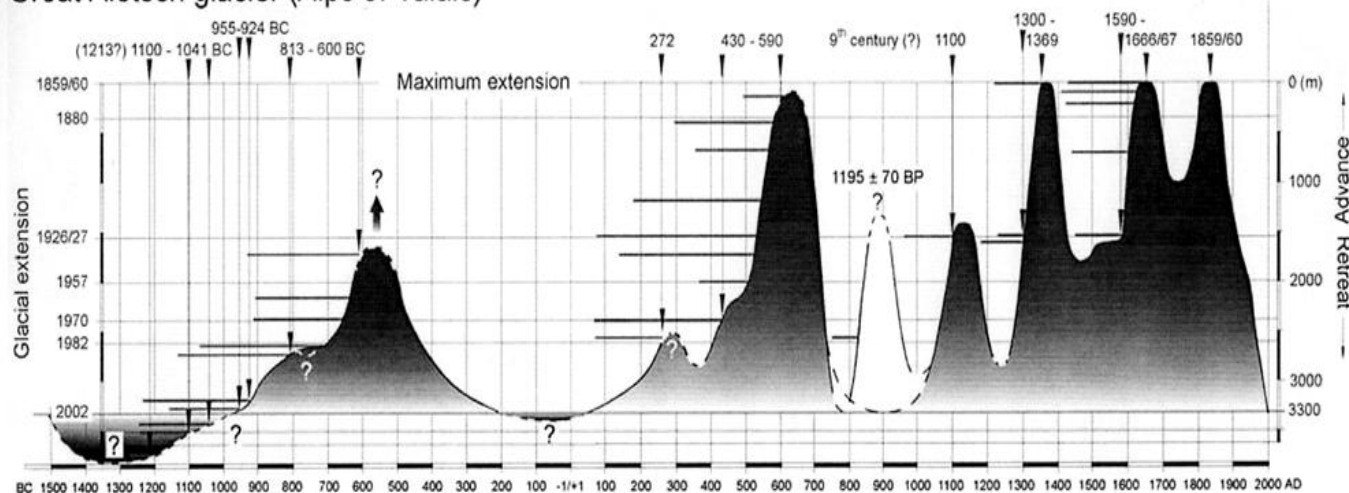
Figure 3 Limite entre climats C (tempéré chaud) et D (neigeux) autour de 40°N aux Etats-Unis de 1910 à 1990 : le déplacement de 200 km vers le sud entre 1930 et 1970 a fait craindre le début de la grande glaciation à venir, et donné lieu à un battage médiatique. 60 ans plus tôt, en 1910, cette limite était à 39°N



La figure 5 montre les fluctuations de la longueur du plus grand glacier alpin reconstituée depuis 3200 ans⁸ : la langue glaciaire se termine aujourd'hui, comme au haut moyen-âge et à l'époque romaine, à 3,3 km en amont de sa position de plus grande extension datée de 1860, qui avait déjà été atteinte ou presque en 1666 et en 1350 environ.

Figure 5 Le plus grand glacier des Alpes : avances et reculs depuis 3200 ans ; extension maximale en 1859/1860 (échelle des temps à gauche et des mètres à droite)

Great Aletsch glacier (Alps of Valais)

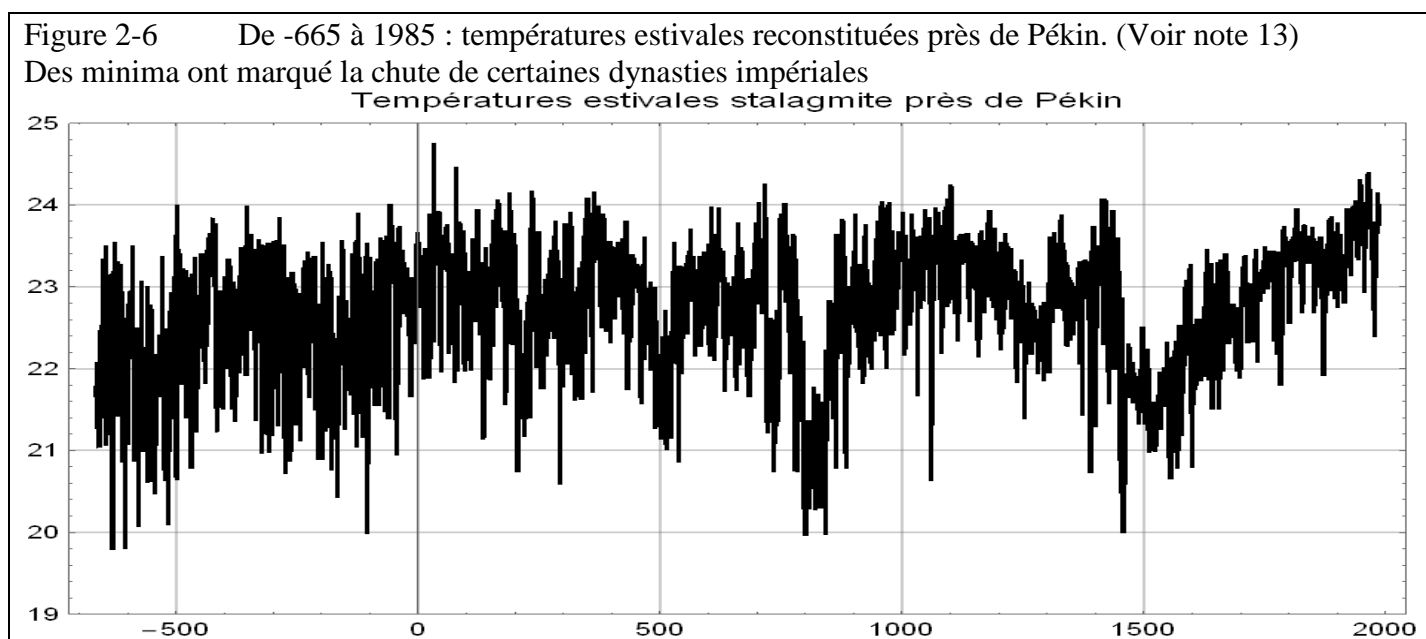


Le gros du recul a eu lieu de 1860 à 1960, avant le réchauffement récent observé depuis 1975, que certains attribuent aux activités humaines.

⁸ Holzhauser, H. 1997: *Fluctuations of the Grosser Aletsch Glacier and the Gorner Glacier during the last 3200 years: new results*. In Frenzel, B., editor, *Glacier fluctuations during the Holocene*. Gustav Fisher Verlag, 3538 <http://books.openedition.org/irdeditions/9983>

2. Les températures des derniers millénaires

Divers marqueurs permettent de retracer les conditions moyennes en un lieu ; la figure 2-6 donne un exemple de reconstitution des températures moyennes d'été de -650 à 1985, près de Pékin à partir d'un stalagmite.⁹



3. Températures ... depuis que l'on a des thermomètres

Les températures extrêmes observées à Paris un même mois mais d'années différentes (tableau 2-A ci-dessous) diffèrent d'environ 35°C, ce qui suggère un écart-type de 6°C.

Rappelons que 68,3% d'une distribution gaussienne est à moins d'un sigma (ou écart-type) de la moyenne, 95,5% à moins de deux sigmas ; la probabilité d'être à au moins trois sigmas au-dessus de la moyenne est de 1,35 pour mille, comme celle d'être à 3 σ et plus en-dessous de la moyenne.

La réalité est sans doute plus dure, non-gaussienne avec des événements extrêmes plus fréquents ou « probables » que pour la gaussienne.¹⁰

La page https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39 donne pour chaque station et chaque mois :

- {maximum absolu observé, moyenne des maxima journaliers du mois, moyenne du mois, moyenne des minima journaliers du mois, minimum absolu observé},
- des nombres de jours sur certaines plages de températures et aussi des degrés-jour de chauffage, des heures d'ensoleillement, des précipitations mensuelles et des précipitations maximales observées sur une journée (ces chiffres sont souvent du même ordre de grandeur !).

⁹ Tan, M., T.S. Liu, J. Hou, X. Qin, H. Zhang, and T. Li : *2650-Year Beijing Stalagmite Layer Thickness and Temperature Reconstruction*, 2003, <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/tan2003/tan2003.html>

¹⁰ Voir les ouvrages de Nicholas Taleb sur les Cygnes noirs et sur les événements majeurs par leurs effets, mais de faible probabilité « ressentie ». *The Black Swan* Penguin Books, 2008-2010, 444 pages

Les records de froid en France sont à Mouthe (à 930 m d'altitude dans le Jura) : $-38,4^{\circ}\text{C}$ ¹¹ le 13 janvier 1968 mais $+1,1^{\circ}\text{C}$ au maximum de la même journée.

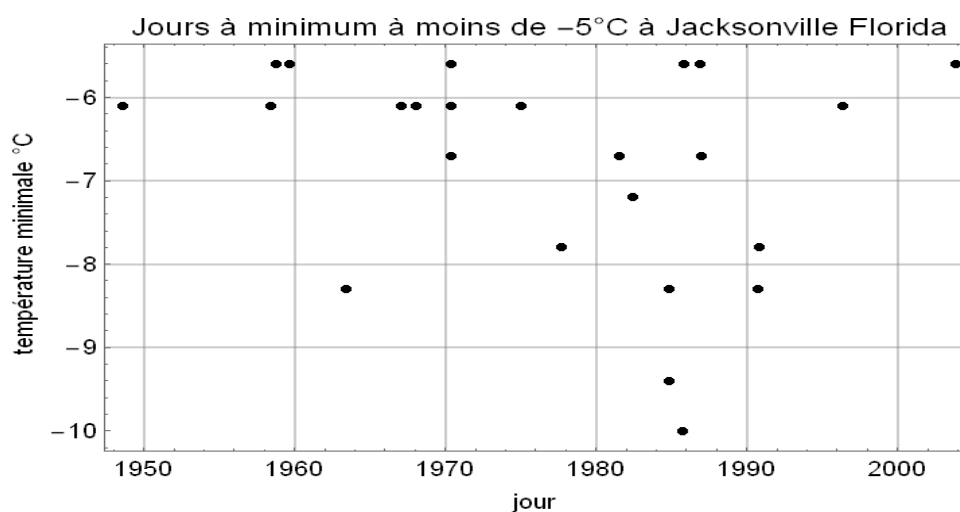
Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-14,6 23/1/1940	-14,7 2/2/1956	-9,1 3/3/1890	-3,5 13/4/1879	-0,1 7/5/1874	3,1 10/6/1881	6 3/7/1907	6,3 29/8/1881	1,8 26/9/1889	-3,1 27/10/1887 29/10/1890	-14 28/11/1890	-23,9 10/12/1879
16,1 5/1/1999	21,4 28/2/1960	25,7 25/3/1955	30,2 18/4/1949	34,8 24/5/1922 29/5/1944	37,6 26/6/1947	40,4 28/7/1947	39,6 6/8/2003	36,2 7/9/1895	28,9 1/10/2011	21 2/11/1899	17,1 16/12/1989

Avec sur le globe une ou deux centaines de régions « météorologiques » on aura, pour le bonheur des journalistes, chaque année un (voire deux) évènement dit de *temps de retour de cent ans*, pour chaque type de catastrophe : pluie, sécheresse, vague de chaleur et incendies de forêts, vague de froid, crue et inondation, tempête, ...

Pour une région donnée la récurrence de grands froids peut interdire certaines cultures : par exemple les orangers ou citronniers dans le nord de la Floride ont beaucoup souffert, comme les joints toriques de la fusée de la navette Challenger qui a explosé le 28 janvier 1986, à cause d'un anticyclone très froid, rare (figure 7).

Voir, pour la France et les oliviers gelés en 1956 (comme en 1608 et 1709), https://fr.wikipedia.org/wiki/Vague_de_froid_de_l'hiver_1956_en_Europe_et_au_Maghreb

Figure 7 : Date des minima journaliers à moins de -5°C dans le nord de la Floride à Jacksonville
Source : <https://climexp.knmi.nl/data/ngdcnUSC00084366.dat>



La variabilité des températures croît avec la latitude : comparer les observations à Fairbanks à deux degrés au sud du cercle polaire, ville exposée à des passages d'anticyclones mobiles polaires très froids amenant en peu de jours en hiver des baisses de température de 30°C ou plus, et les observations à Singapour, île proche de l'équateur (figures 8 et 9).

¹¹ <http://www.meteofrance.fr/actualites/22471664-mouthe-village-le-plus-froid-de-france-explications>

Figure 8 : Illustration de la dynamique journalière des températures à Fairbanks (Alaska, 64° 50' 37" N, 147° 43' 23" O) pendant l'année 1975 ; les lignes minces rouge et bleue sont les extrema quotidiens ; entre ces deux lignes remplissage en gris ; les lignes épaisses rouge et bleue sont les moyennes "climatologiques" (sur 30 ans) avec en couleurs les limites des intervalles de probabilité 25% - 75% et 10% - 90% (couleur la plus claire).

En haut du graphique, la barre est bleue quand maximum et minimum de 1975 sont tous deux en dessous de leur moyenne, en rouge quand tous deux sont au-dessus de leur moyenne, en blanc autrement.

<http://weatherspark.com/history/3294/1975/Fairbanks-Alaska-United-States>

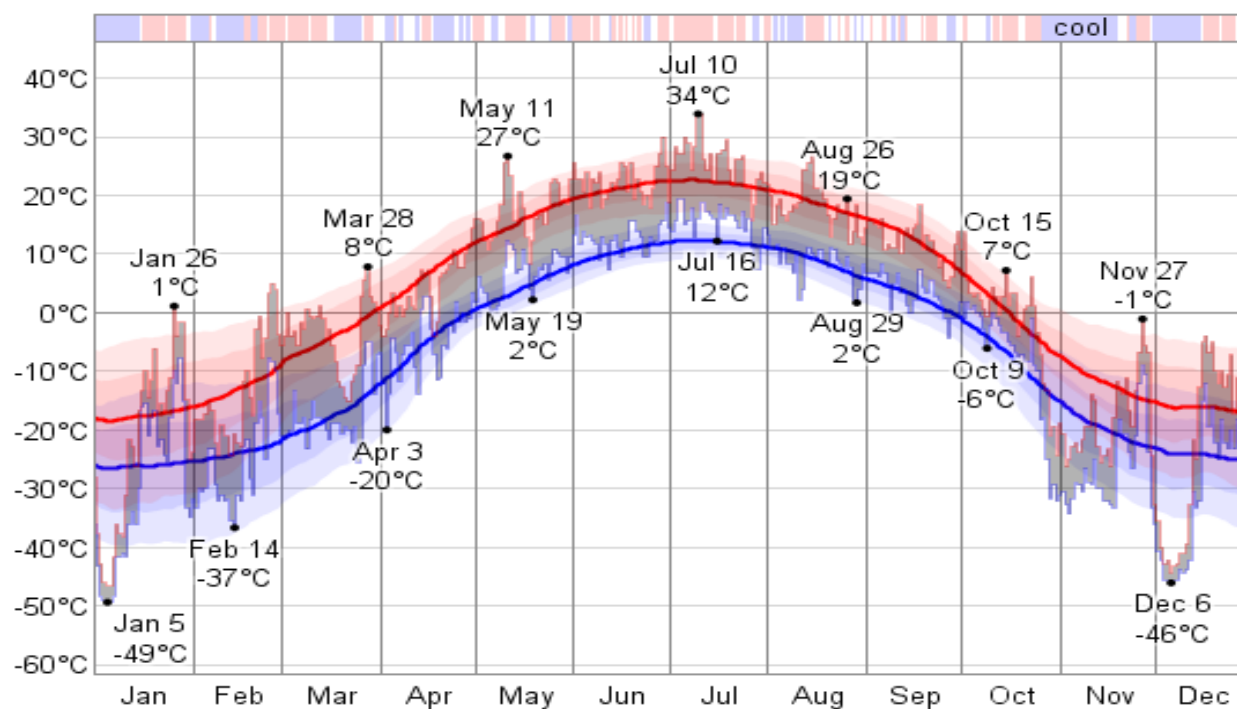
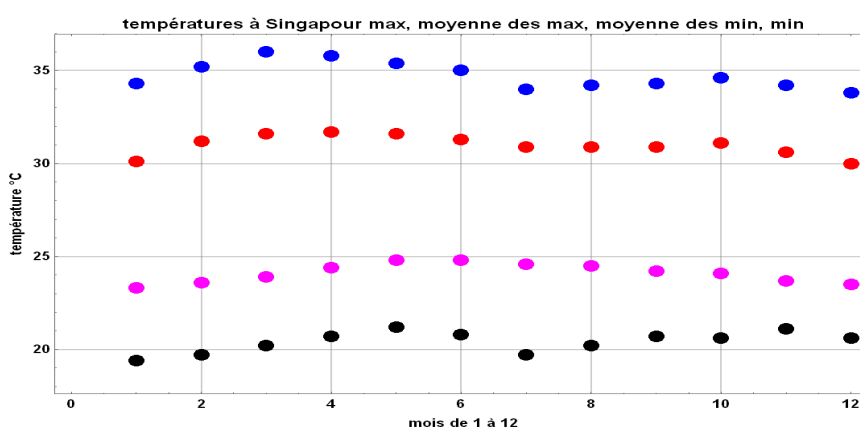


Tableau B Températures de l'air et de l'eau et heures d'ensoleillement à Singapour (1°22 N 103°48E)

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
min°C	24	25	25	25	26	26	25	25	25	25	25	24
max°C	31	32	32	32	33	32	31	31	32	32	31	30
Eau °C	27	26	28	30	31	30	29	29	29	29	29	28
Heures de soleil	6	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	4

Figure 9 Températures extrêmes (bleu et noir) et moyenne des minimums (magenta) et des maximums (rouge) mois par mois pour Singapour depuis le début des observations



4. Précipitations : la quantité de pluie, mois par mois, fait le climat

Les précipitations sont exprimées en kg d'eau par m² par heure, ou mm d'eau par m² par heure, et leur cumul mensuel ou annuel est exprimé en mm (ou kg/m²).

Le régime **spatial et temporel des précipitations est une conséquence de l'organisation de la circulation atmosphérique**, dont la "finalité" est le transfert de vapeur d'eau des zones tropicales vers les hautes latitudes où elle se condense et alimente le rayonnement de l'air vers le cosmos en infrarouge thermique (OLR, Outgoing Longwave Radiation), de façon à compenser exactement, "en moyenne" sur tout le globe et sur quelques semaines, le flux solaire absorbé par le globe.

La vapeur d'eau, qui précipite en pluie ou neige, ne vient souvent pas de l'endroit où il pleut :

- pour l'équateur météorologique vertical, elle vient du balayage par les alizés de milliers de kilomètres au nord et au sud : ces vents alizés convergent dans la « cheminée équatoriale » ;
- pour les averses des fronts froids de nos latitudes, la vapeur d'eau vient de milliers de kilomètres au sud-ouest et elle est transférée en direction du nord-est dans le couloir dépressionnaire qui précède les AMP (anticyclones mobiles polaires) qui se déplacent, eux, vers le sud-est avec un effet « chasse-neige ».

Les pluies d'orage à alimentation locale ne durent que quelques minutes ou dizaines de minutes.

4.1. Les précipitations sont très fortement variables :

des ordres de grandeur des précipitations mois par mois en climat tempéré (Paris sur 1881-1950 : minimum annuel 270 mm en 1921¹², maximum annuel 828 mm) et en climat méditerranéen (port d'Alger, 1843-1942) sont aux tableaux A et B ci-dessous.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	mm / an
Minimum	6	2	0	0	0	1	6	3	0	5	9	8	
Moyenne	46	39	42	46	55	52	57	53	48	57	53	55	603
Max	120	100	88	109	124	116	157	161	149	168	133	141	

Belgrand pour les égouts de Paris avait choisi un module de 45 mm/heure atteint ou dépassé tous les "dix ans". L'intensité d'une telle averse en mm/heure pendant une durée de t minutes serait de la forme 3420/ (15 + t) ou 2590/ (10+ t).

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	mm/an
Minimum	5	2	10	0,3	0,5	0	0	0	0	0	6	10	
10% de la distribution	20	17	25	10	5	0	0	0	3	12	33	30	
Médiane de la distribution	87	45	65	65	41	27	8	0,1	0,7	16	59	85	499
Maximum	297	290	177	159	159	65	22	103	176	233	265	302	

Le maximum d'un mois est, à Paris, trois fois la moyenne, et à Alger aussi, ou presque, du moins pour les mois pluvieux, puisqu'en saison sèche des climats méditerranéens il ne pleut pas du tout. Les minima sont nuls sauf d'octobre à janvier (Paris) ou de novembre à mars (Alger) où ils sont de quelques mm / mois.

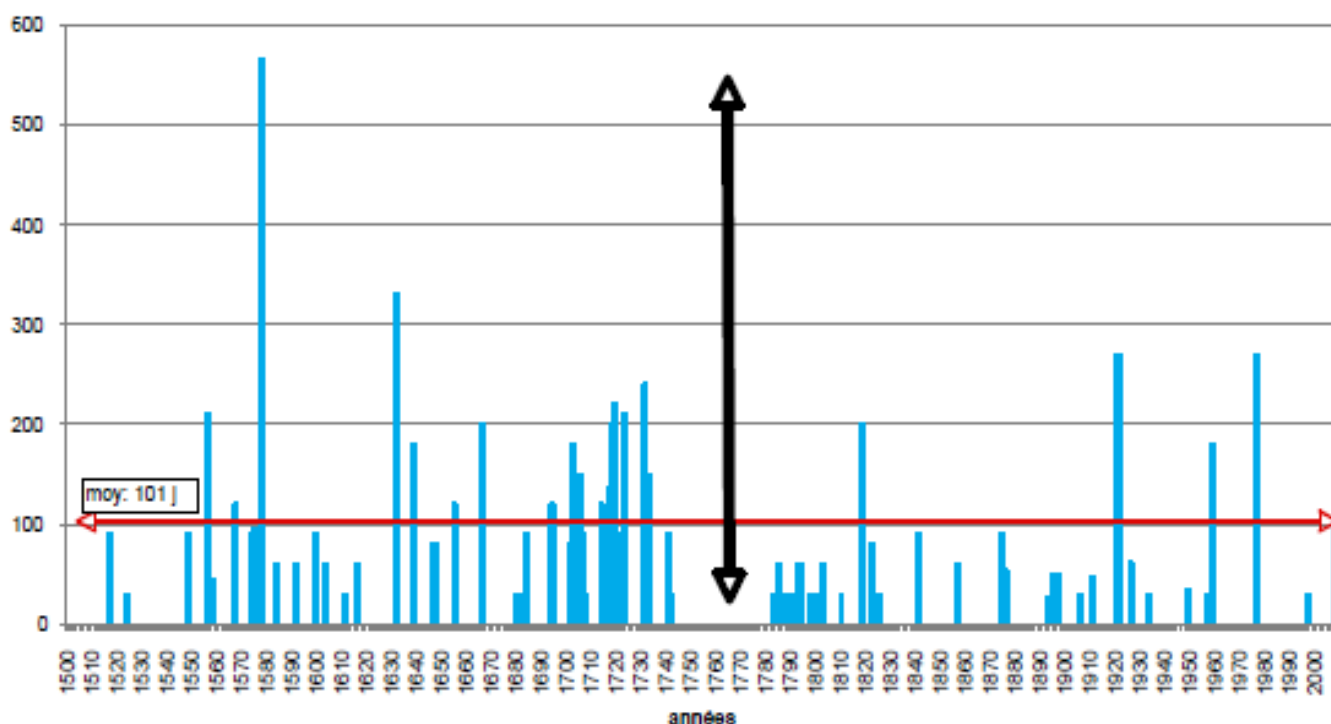
¹² <http://www.meteo-paris.com/chronique/annee/1921>

¹³ G. Réménieras *Hydrologie de l'ingénieur* Eyrolles Paris 1965, 456 pages

4.2. Les sécheresses

Les historiens ont retracé ces événements catastrophiques pour l'agriculture : les figures ci-dessous pour l'Île de France et le Languedoc-Roussillon disent le nombre de jours sans pluie ou presque ; pour la Catalogne, les registres des processions « *pour la pluie* » permettent aussi des reconstitutions très précises.

Figure 10 Sécheresses en Île de France (Emmanuel Garnier ¹⁴) en nombre de jours de 1500 à 2006



En Île de France 69 événements pour 509 années d'observation ; 22 sécheresses au XVIII^{ème} siècle contre 10 à 13 pour les quatre autres siècles ; la plus grave a été celle de l'hiver 1576/77 à la Toussaint 1578. L'été 1921 a été très sec et chaud ; 1976 a été, en France, l'année de l'impôt-sécheresse.

En Suisse, mai 1577 et 1578 ont été froids et 1540 l'année d'un blocage anticyclonique persistant de mars à octobre, quatre mois de plus qu'en 1947 (Pfister, *Wetternachhersage*, op. cit. pp. 191-193).

L'année 1540 (avril à août) aurait, en Suisse, été de 2°C à 3°C plus chaude que 2003, la sécheresse et la chaleur ayant fait sécher les raisins sur le cep.¹⁵ Ce millésime extraordinaire a été longtemps célébré en Rhénanie¹⁶.

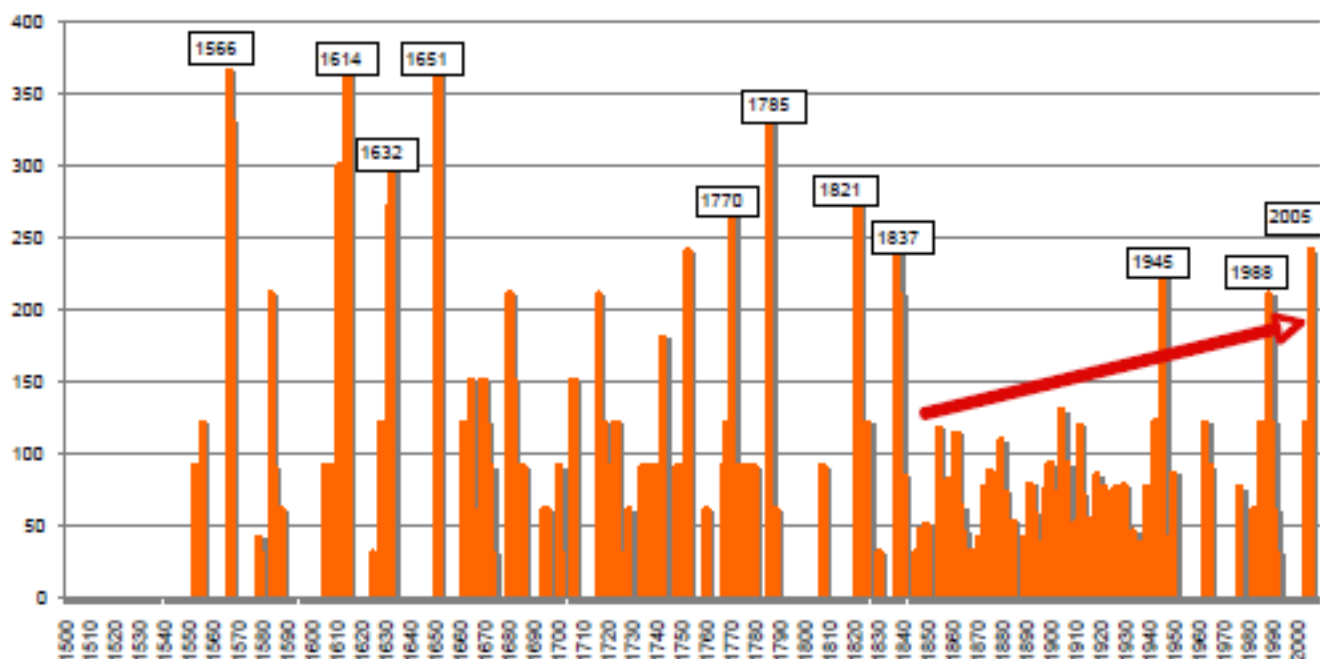
En Languedoc Roussillon des sécheresses fort longues ont, tous les vingt ans, marqué le début du XVII^{ème} et la fin du XVIII^{ème} siècle, documentées entre autres par les processions pour la pluie.

¹⁴ Emmanuel Garnier – *Bassesses extraordinaires et grandes chaleurs, 500 ans de sécheresses et de chaleurs en France et dans les pays limitrophes*. Colloque 193 SHF : «Etiages, Sécheresses, Canicules rares et leurs impacts sur les usages de l'eau», Lyon, 7-8 octobre 2009. http://www.gisclimat.fr/sites/default/files/Garnier_SHF_2009.pdf

¹⁵ Wetter, O., Pfister, C.: *An underestimated record breaking event: why summer 1540 was very likely warmer than 2003*, *Clim. Past Discuss.*, 8, 2695-2730, doi:10.5194/cpd-8-2695-2012, 2012

¹⁶ Rüdiger Glaser *Klimageschichte Mitteleuropas* Primus Verlag 2008, pp. 108-109

Figure 11 : Sécheresses en Languedoc Roussillon (Emmanuel Garnier op. cit.) en nombre de jours de 1500 à 2006



5. Le baromètre

Il varie, en surface au niveau de la mer entre 1040 mbar sous un anticyclone (maximum observé 1084 mbar) et 950 mbar dans une dépression sévère (minimum observé 870 mbar).

Les cycles climatiques de quelques dizaines d'années se voient sur et même sont définis par les variations de la différence de pression par exemple :

- entre Reykjavik (Islande, 64°08'N, 21°55'W) sous le trajet des dépressions et Lisbonne (38°43'N, 9°08'W) souvent marqué par l'anticyclone des Açores ;
- entre Darwin (Australie, 12°26'S, 130°50'E) et Tahiti (17°40'S, 149°28'W) dans le Pacifique (sert à la confection de l'indice ENSO (El Niño - Southern Oscillation)).

Les situations de blocage anticyclonique où une haute pression reste quelques jours ou semaines au-dessus de l'Europe occidentale correspondent aux grands froids en hiver et aux canicules en été.

Cette haute pression empêche l'arrivée de l'air frais et humide normalement apporté par les vents d'ouest.

Cette configuration de la circulation atmosphérique explique que les grands hivers par exemple de 1709, avec entre -9°C et -15°C à Paris du 6 janvier au 21 janvier, ou de 1684, aient été précédés ou suivis de grandes chaleurs estivales.

6. L'Holocène : de 11700 ans BP (avant 1950) jusqu'à la prochaine grande glaciation

Les cycles glaciaires de durée 100 000 ans et interglaciaires de durée 12 000 ans alternent depuis plus de 600 000 ans.

Le début de l'Holocène est par convention fixé à 11700 BP (Before Present, soit avant 1950) ou 9750 avant notre ère : c'est aussi le début de l'actuel interglaciaire.

Les figures 12 (a) et (b) montrent en écart par rapport aux valeurs du XXème siècle les températures et précipitations lors de l'optimum climatique holocène entre 8000 ans et 6000 ans avant le présent.

Vers 6000 avant notre ère l'insolation d'été à 65°N était disons de 40 W/m² plus forte que l'actuelle (figure 3-7) mais l'insolation annuelle moyenne (en haut de l'atmosphère) assez peu différente. Des températures arctiques estivales de quelques degrés plus fortes¹⁷ réduisaient le contraste avec la zone tropicale ; les hautes pressions subtropicales qui traduisent ce contraste et limitent l'extension de la mousson vers le nord étaient bien moindres, d'où, au nord de l'actuel Sahel africain, des précipitations de 300 mm supérieures aux actuelles et un Sahara couvert de lacs¹⁸ avec crocodiles et hippopotames.

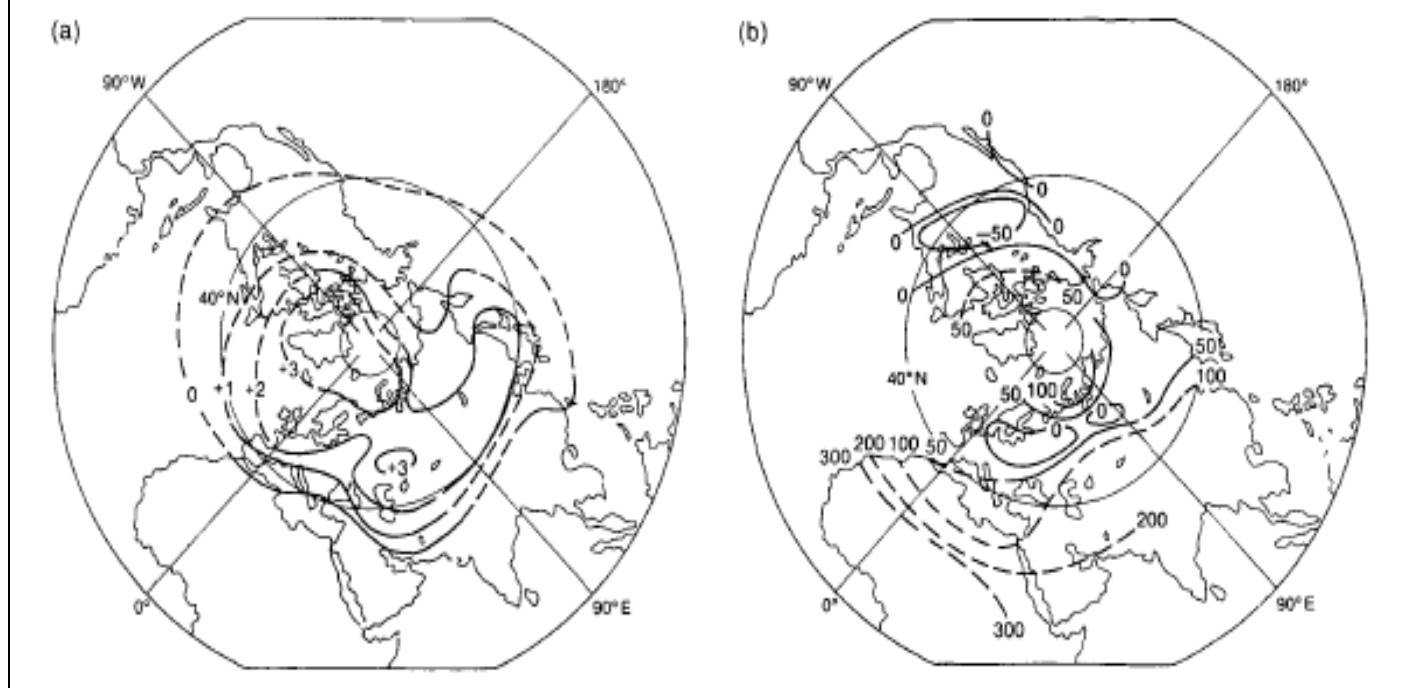
Figure 12 (Figure 7.5 du rapport IPCC-GIEC de 1990 (FAR, first assessment report)) :

Optimum climatique holocène :

a) écart des températures d'été par rapport aux valeurs "modernes"

b) écart des précipitations, en mm/an par rapport aux valeurs "modernes"

sources: *Borzenkova and Zubakov, 1984* ; *Budyko and Izrael, 1987*



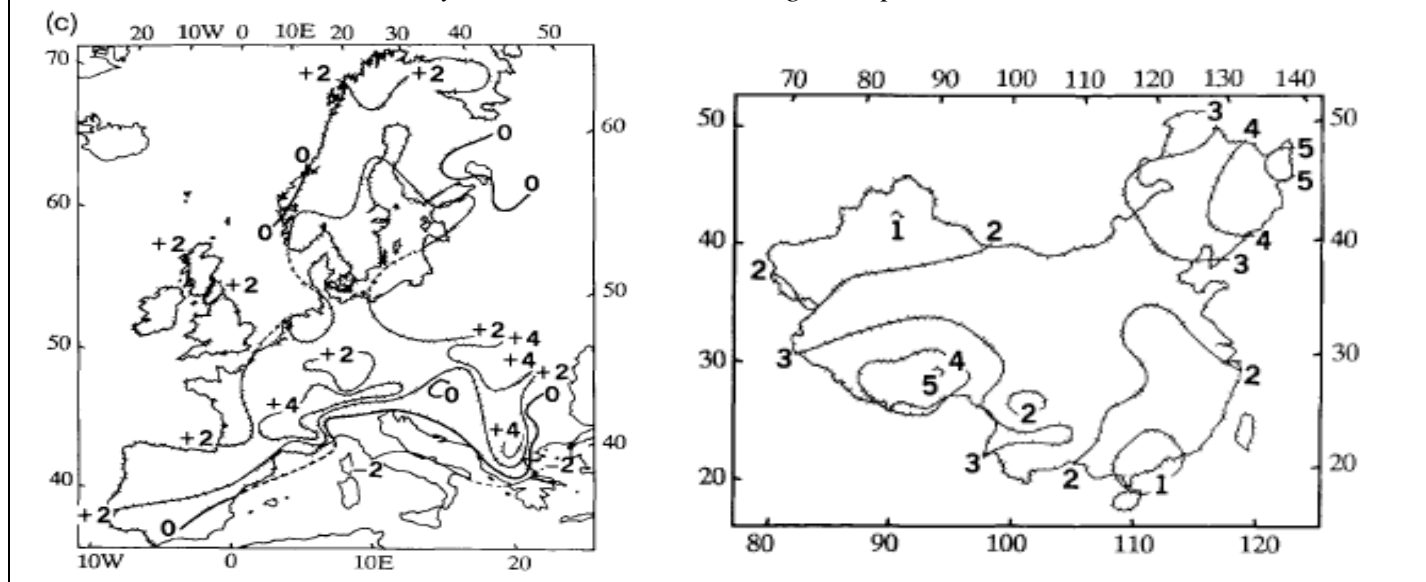
¹⁷ Insolation estivale à 65°N de quelques dizaines de W/m² supérieure à l'actuelle ; le périhélie était alors en juillet et non en janvier.

¹⁸ Voir Nicole Petit-Maire *Sahara: les grands changements climatiques naturels*. Paris, éditions Errance, 2012, 192 pages

La figure 13 montre une estimation des températures d'été en Europe et en Chine, entre 3000 et 4000 avant Jésus-Christ.

Figure 13 (Figure 7.5 du rapport IPCC GIEC de 1990 (FAR)) : Optimum climatique holocène
(c) Températures d'été en écart à celles du milieu du XXème siècle en Europe et en Chine, entre 5000 BP et 6000 BP (3050 et 4050 avant notre ère)

sources: *Huntley and Prentice, 1988; Wang et al. personal communication*



On se reportera aux cartes de la commission de la carte géologique du monde ¹⁹ plus récentes que le rapport IPCC AR1 de 1990 ; elles présentent l'environnement végétal ou climats de Köppen au dernier maximum glaciaire et à l'optimum holocène.

D'autres observations encore trouvent dans le Canada central entre 6000 BP et 5000 BP ("optimum atlantique") une limite de la végétation à 200 km au nord de l'actuelle limite, et de 3000 BP à 2000 BP un repli de 300 km vers le sud, et dans l'arctique scandinave une forêt fossile d'époque Viking ²⁰ à 100 km au nord de la limite actuelle, dans l'actuelle toundra.

¹⁹ Cartes des environnements du monde pendant les deux derniers extrêmes climatiques (18000 +/- 2000 BP et 8000 +/- 1000 BP) publiées par la Commission de la Carte Géologique du Monde (1999)

N. Ray, J. M. Adams *A GIS-based Vegetation Map of the World at the Last Glacial Maximum (25,000-15,000 BP)*. 2001. *Internet Archaeology* 11 (http://intarch.ac.uk/journal/issue11/rayadams_toc.html) <http://lgb.unige.ch/lgmvegetation>

Petit-Maire, N., 1990, *Will greenhouse green the Sahara?* *Episodes*, v. 13, no.2, pp. 103–107.

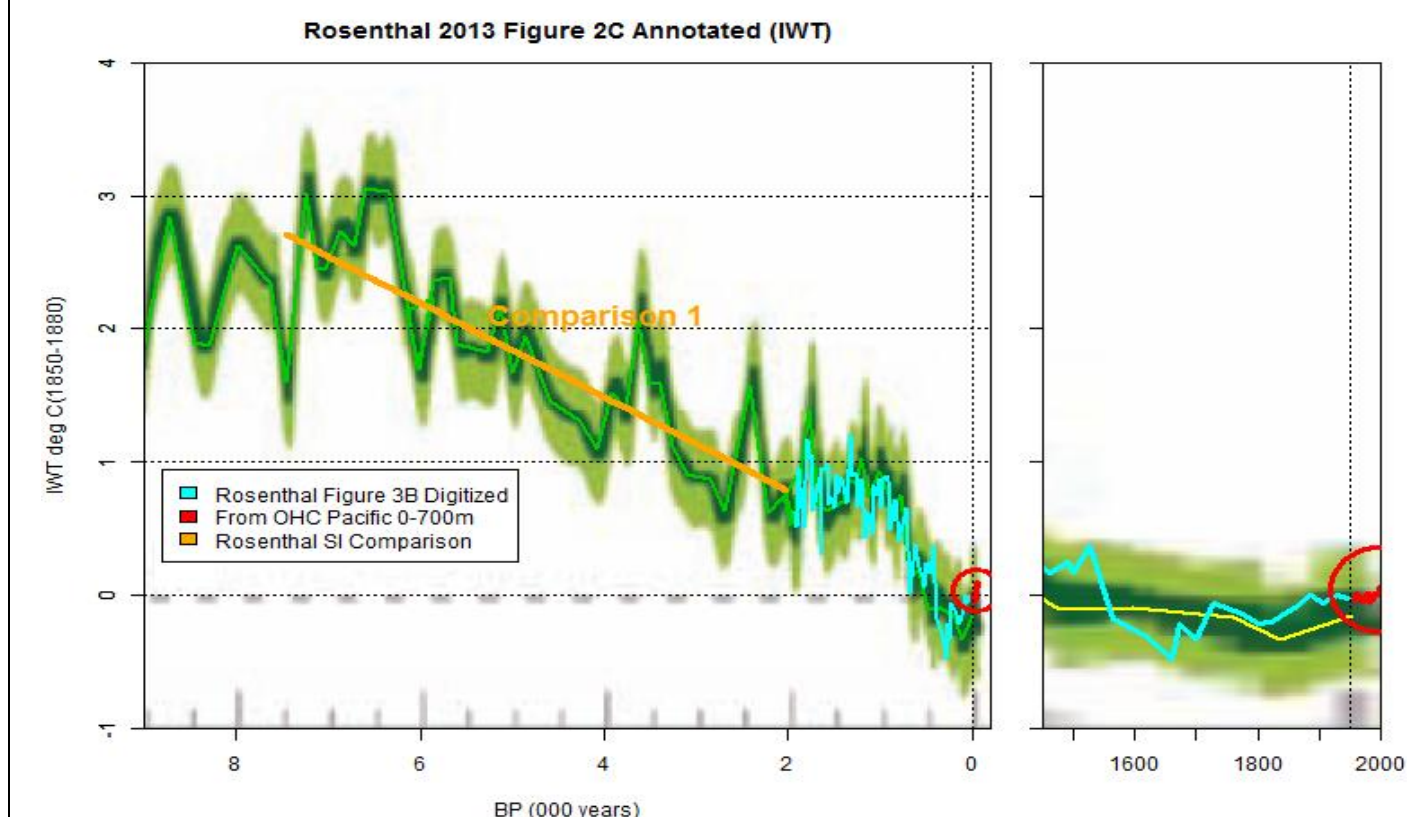
Petit-Maire, N., Guo Zhengtang, 1996, *Mise en évidence de variations climatiques holocènes rapides, en phase dans les déserts actuels de Chine et du bord de l'Afrique*, *C. R. acad. SC. Paris*: 322, v. 10, pp. 847–851

N. Ray, J. M. Adams *A GIS-based Vegetation Map of the World at the Last Glacial Maximum (25,000-15,000 BP)*. 2001. *Internet Archaeology* 11 (http://intarch.ac.uk/journal/issue11/rayadams_toc.html) <http://lgb.unige.ch/lgmvegetation>

²⁰ Alain Godard, Marie-Françoise André Les milieux polaires Armand Colin 1999, 454 pages, pages 317-318; voir aussi une mine d'informations dans www.ClimateSanity.com de M. Tom Moriarty <https://climatesanity.wordpress.com/2008/10/15/dont-panic-the-arctic-has-survived-warmer-temperatures-in-the-past/> qui examine quatorze articles

Figure 14 Températures au fond de l'océan dans les détroits indonésiens (Yair Rosenthal et al.) en "anomalies" ou écart à celles du XXème siècle

Source : <http://climateaudit.files.wordpress.com/213/11/rosenthal-213-figure-2c-annotated.png>



Les températures au fond des océans (figure 14 au fond des détroits indonésiens à des profondeurs de 500 m à 900 m) ont depuis 9000 ans, été, le plus gros du temps, nettement plus chaudes qu'actuellement malgré un très léger rebond par rapport au petit âge de glace : de 9000 ans à 5500 ans "avant le présent" (BP), températures de 2°C à 3°C supérieures à l'actuelle.

Le petit âge de glace se voit sur le graphique de droite de la figure 14 qui détaille les derniers 550 ans.

La figure 15 montre, pour les derniers 10 000 ans, les températures de surface de l'Atlantique Nord au large de l'Islande : elles sont semblables à celles (présentées en anomalies) du fond des détroits indonésiens. Il s'agit là de températures isotopiques sur des diatomées de la carotte MD99-2275 sans doute marqueur biologique des températures d'été.

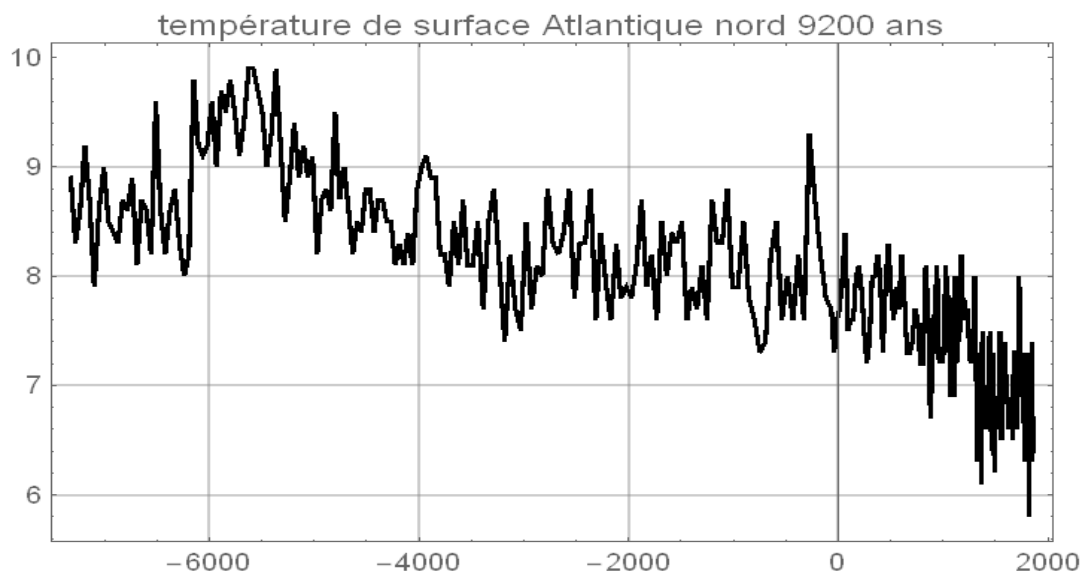
Le minimum de 5,8°C est daté de 1823. Moyenne et écart types sont (9,45°C et 0,31°C) sur -6148 à -5319 et pendant le petit âge de glace de 1323 à 1860 (6,9°C et 0,35°C) soit une différence de 2,5°C entre ces moyennes.

Figure 15 Températures de surface en °C de l'Atlantique Nord au large de l'Islande depuis 9300 ans (diatomées) avec un échantillonnage assez lâche (toutes les années ne sont pas renseignées) jusque vers 1860.

Jiang et al 2015 *Solar forcing of Holocene summer sea-surface temperatures in the northern North Atlantic*, *Geology* ²¹

ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/contributions_by_author/jiang215/jiang215-md99-2275.txt

<http://climateaudit.org/215/1/8/ground-truthing-marcott/> fichier uahmsu 214-1.nb



De très nombreux relevés montrent, comme la figure 15, que depuis 9000 ans les températures ont, hors petit âge de glace et période des invasions barbares à la fin de l'empire romain, été presque constamment supérieures aux températures actuelles.

7. Pour conclure :

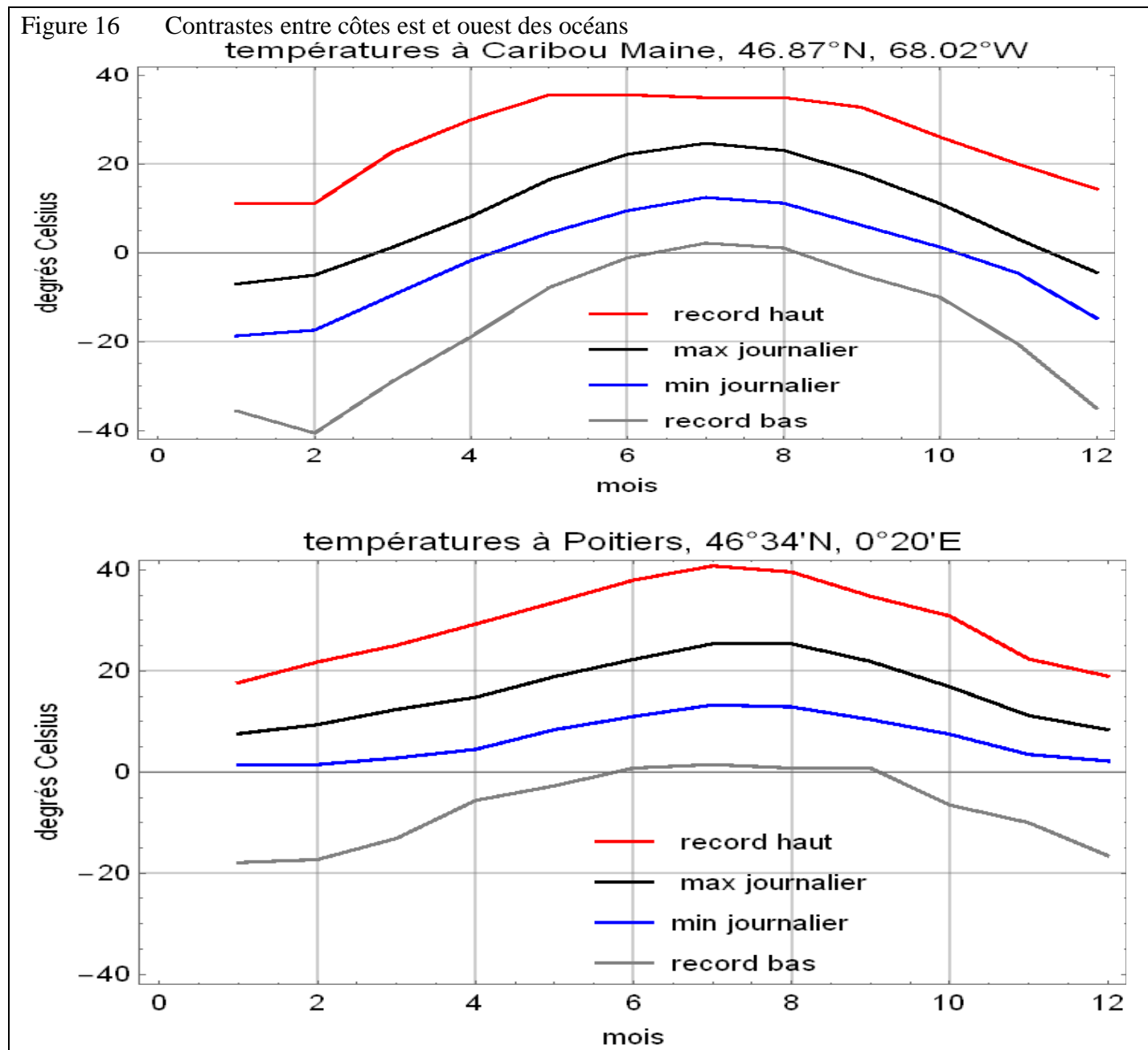
Les climats ont toujours varié : la circulation atmosphérique et la circulation océanique déterminent les pressions, les températures et les précipitations ; ces circulations sont impulsées par l'ensoleillement et sa répartition en latitude qui varie fortement avec la saison et selon des cycles plus longs.

²¹ Abstract: Mounting evidence from proxy records suggests that variations in solar activity have played a significant role in triggering past climate changes. However, the mechanisms for Sun-climate linkages remain a topic of debate. Here we present a high-resolution summer sea-surface temperature (SST) record covering the last 9300 yr from a site located at the present-day boundary between Polar and Atlantic surface-water masses. The record is age-constrained via the identification of 15 independently-dated tephra markers from terrestrial archives circumventing marine reservoir age variability problems. Our results indicate a close link between solar activity and SSTs in the northern North Atlantic during the past 4000 years. They suggest that the climate system in this area is more susceptible to the influence of solar variations during cool periods with less vigorous ocean circulation. Furthermore, the high-resolution SST record indicates that climate in the North Atlantic regions follows solar activity variations on multi-decadal to centennial time scales.

8. Annexe : Caribou (Maine, USA) et Poitiers (France)

Le Maine (climat Dfb) voit passer les anticyclones mobiles polaires très froids qui de l'autre côté de l'Atlantique vont, très atténués, s'intégrer à l'anticyclone des Açores.

Ses températures basses sont, en hiver, de 20°C plus froides que celles de Poitiers (climat tempéré Cfb) à la même latitude ! Comparer les courbes bleues et grises entre octobre et mars.



Ceci pour mettre en garde contre l'emploi abusif de moyennes, sans compréhension des particularités de la circulation atmosphérique et de la météorologie synoptique.