

VARIABILITÉ DES TEMPÉRATURES MENSUELLES À PARIS DE 1658 À 2014

ROUSSEAU D.

Conseil Supérieur de la Météorologie, 73 av. de Paris 94165 St-Mandé [Daniel.Rousseau.met@orange.fr]

Résumé – L'étude des répartitions des températures sur l'échantillon complet de 357 années de températures mensuelles à Paris permet de distinguer 3 types de distributions : celle des mois d'hiver, celle de mars et novembre et celle des autres mois. Sur la série de Paris on peut aussi détecter des fluctuations pluri-décennales des températures d'avril à septembre alternant des séquences chaudes et des séquences froides. Les différences des répartitions des températures mensuelles sur l'échantillon des onze séquences chaudes et des onze séquences froides observées de 1659 à 1987 sont explicitées. La distribution des températures mensuelles de 1658 à 1987 est comparée à la distribution des températures mensuelles observées depuis 1988, date de début d'une fluctuation chaude qui dépasse en intensité les fluctuations chaudes observées dans le passé. Cette comparaison justifie de définir les caractéristiques d'un « nouveau climat ».

Mots clés : températures mensuelles, variabilité, climat de Paris, changement climatique.

Abstract – *Monthly temperature variability in Paris from 1658 to 2014.* The study of the distribution of temperatures on the entire sample of 357 years of monthly temperatures in Paris allows to distinguish three types of distributions corresponding to the winter months, to March and November and to the other months. The Paris thermometric series also exhibits multi-decadal temperature fluctuations from April to September alternating warm and cold sequences. The differences in the distributions of monthly temperature on the sample of eleven warm sequences and cold ones observed from 1658 to 1987 are computed. Finally, the distribution of monthly temperatures from 1658 to 1987 is compared with the distribution of monthly temperatures observed since 1988, start date of a warm fluctuation exceeding in intensity warm fluctuations observed in the past. This comparison leads to consider that a "new climate" occurs since that date.

Key words: monthly temperatures, variability, Paris climate, climate change.

Introduction

Pour bien évaluer les modifications du climat engendrées par les activités humaines, il est nécessaire de mieux connaître les caractéristiques du climat, en particulier ses fluctuations à une échelle de temps comparable à l'échelle de temps des modifications imputables aux activités humaines, soit plusieurs dizaines d'années. Les données climatologiques traditionnelles élaborées comme des moyennes sur 30 ans sont particulièrement inadéquates pour traiter ce problème puisqu'elles filtrent des composantes climatiques essentielles résultant en particulier de l'interaction atmosphère-océan. Des études sont actuellement en cours pour mieux connaître à l'échelle du globe les fluctuations pluri-décennales du climat, parmi lesquelles on peut citer des analyses sur tout le globe des températures de surface depuis 1850 (Jones *et al.*, 2012) ou les ré-analyses tridimensionnelles de l'atmosphère pour tout le XX^e siècle (Kalnay *et al.*, 1996 ; Compo *et al.*, 2011). Avant 1850, des mesures atmosphériques ne sont effectuées que dans quelques lieux et, de plus, elles ont été réalisées selon des modalités diverses qui sont souvent inconnues. Ainsi, en France, les observations thermométriques ont été de 1658 aux années 1780 l'œuvre de quelques savants, certains d'entre eux (Réaumur, Delisle) utilisant des instruments qu'ils avaient eux-mêmes conçus. Un réseau de mesures utilisant des normes d'observation communes a été ensuite constitué à partir de 1776 sous l'égide de Vicq d'Azyr et du père Cotte, réseau qui n'a pas survécu à la Révolution (Desaive *et al.*, 1972). Il faut attendre 1855 pour que, sous l'impulsion de Le Verrier des mesures coordonnées soient effectuées et qu'en 1878 soit créé un service météorologique gérant un réseau de mesures. Pour Paris, il a été possible de constituer la série la plus longue de moyennes mensuelles de températures. Cette série débute dès 1658, c'est-à-dire dès l'arrivée en France du premier thermomètre d'origine florentine (Maze, 1895) et se poursuit jusqu'à aujourd'hui (Rousseau, 2009 ; Le Roy Ladurie *et al.*, 2011 ; Rousseau, 2013).

1. Données et méthodologie

Les données de base de la série de température mensuelle de Paris utilisée dans cette étude proviennent

- de 1658 à 1660 des observations d'Ismaël Boulliau (Boulliau 1658-1660, Rousseau 2013)
- de 1665 à 1713 des observations de Louis Morin (Morin 1665-1713, Legrand et Le Goff, 1992, Rousseau 2013)
- de 1756 à 1873 d'une série publiée par Ernest Renou (Renou, 1887)
- de 1873 à 2014 des observations de Paris-Montsouris, homogénéisées par Météo-France (Moisselin *et al.*, 2002)

Afin d'obtenir une série sans interruption (Rousseau, 2009 et 2013) une évaluation a été faite pour les températures mensuelles manquantes à partir d'évaluation des températures pour l'Angleterre centrale (Manley, 1974). La série de Paris a été analysée sous forme chronologique pour mettre en évidence la variabilité et les fluctuations à grande échelle de temps. Les distributions des températures ont été calculées pour tous les mois des années 1658 à 1987, ainsi que séparément pour les séquences froides et pour les séquences chaudes de cet ensemble. Les séquences sont définies après détermination préalable des maxima et minima des moyennes de températures sur onze ans. Ces périodes de onze ans les plus chaudes et les plus froides sont étendues ou raccourcies par approximations successives pour obtenir une suite adjacente de séquences chaudes et froides maximisant les écarts entre les températures des séquences chaudes et des séquences froides. Ces distributions ont été comparées aux distributions depuis 1988.

2. Les fluctuations des températures semestrielles d'avril à septembre de 1658 à 2014

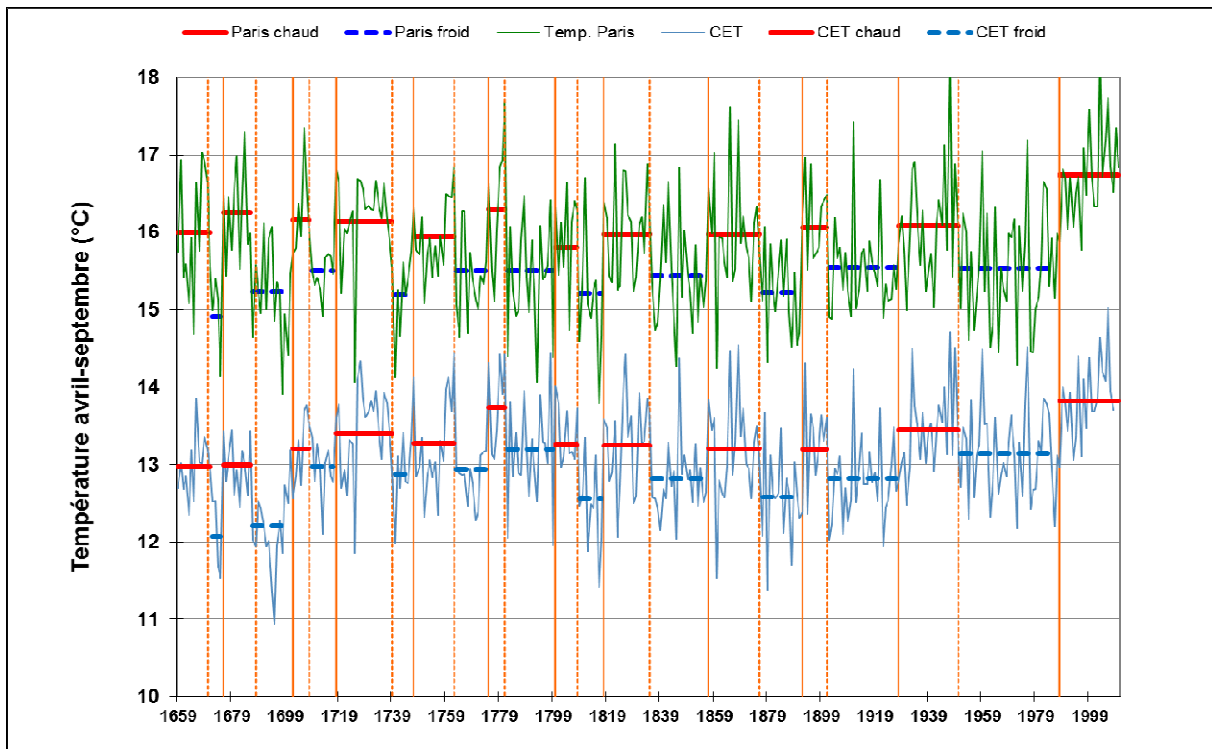


Figure 1. Températures moyennes d'avril à septembre pour Paris (en haut) et l'Angleterre centrale (CET, en bas). Les barres horizontales correspondent à la moyenne des séquences chaudes et froides des fluctuations.

L'examen de la chronologie des températures mensuelles, semestrielles ou annuelles met en évidence non seulement une grande variabilité interannuelle mais aussi des fluctuations pluri-décennales. La moyenne des températures d'avril-septembre est particulièrement intéressante car elle couvre la période végétative et conditionne l'importance des récoltes. Elle est fortement corrélée à la date des vendanges dont on peut suivre les fluctuations jusqu'au XIV^e siècle. On constate ainsi une alternance d'années majoritairement plutôt froides ou d'années majoritairement plutôt chaudes (Figure 1). De 1659 à 1987 se succèdent ainsi 11 fluctuations suivies depuis 1988 d'une phase chaude en cours, à un niveau de température dépassant les niveaux des séquences chaudes précédentes. La comparaison de la série de Paris avec la série des températures de l'Angleterre centrale remontant presque aussi loin dans le temps montre que ces fluctuations ne sont pas un artefact lié aux conditions expérimentales des mesures. Les séquences sélectionnées dans la série de Paris sont valides également pour la série anglaise, ce qui démontre aussi la représentativité géographique de la série.

3. Variabilité des températures semestrielles

Les répartitions des températures d'avril à septembre sont calculées selon trois partitions (Figure 2) : pour les séquences froides, pour les séquences chaudes et pour la séquence actuelle débutant en 1988. Les répartitions sont proches d'une courbe de Gauss, la répartition des années de séquence chaude étant décalée de presque 1°C par rapport aux années de séquences froides. Depuis 1988 la température moyenne la plus fréquente est dans l'intervalle 16°C/17°C. Les années dépassant de plus de 1°C cet intervalle sont plus fréquentes (27% contre 7% pour la moyenne des autres séquences chaudes) et celles inférieures à cet intervalle moins fréquentes (8% contre 45%).

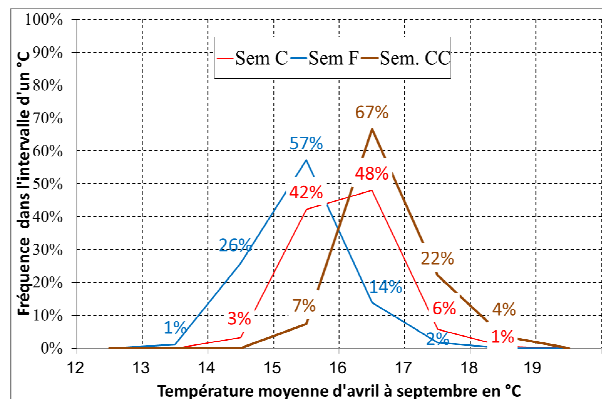


Figure 2. Distribution des températures semestrielles des séquences froides (F), des séquences chaudes (C) et de la séquence chaude depuis 1988 (CC).

4. Variabilité des températures mensuelles

Calculées sur la période 1658-1987, les répartitions des températures mensuelles ont des profils de distribution différents selon la saison et le mois (Figure 3).

- La distribution des températures mensuelles de décembre, de janvier et de février est très dissymétrique, avec une longue queue de distribution du côté des plus basses valeurs et un maximum entre 3°C et 6°C selon le mois.
- Les distributions du mois de mars et du mois de novembre sont presque identiques. Elles sont plus pointues et quasiment symétriques avec un maximum se situant entre 6°C et 8°C.
- La distribution des autres mois est de type gaussien (écart-type entre 1,3°C et 1,5°C) avec des maxima s'échelonnant de 10°C/11°C pour le mois d'avril jusqu'à 18°C/19°C pour le mois de juillet et le mois d'août.

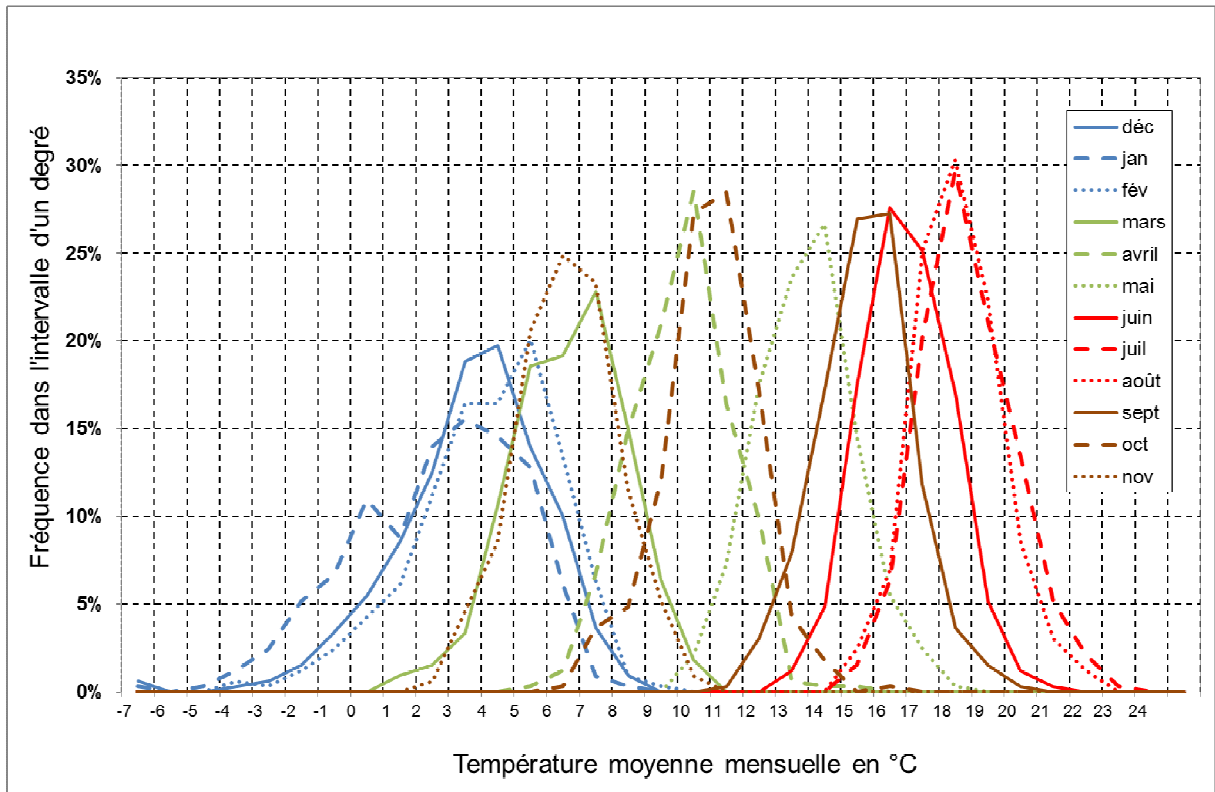


Figure 3. Distribution des températures mensuelles (moyenne 1658-1987).

5. Variabilité des températures mensuelles selon les séquences des fluctuations pluri-décennales

Les moyennes des températures mensuelles s'écartent de quelques dixièmes de degré de la moyenne générale des températures mensuelles, positivement durant les séquences chaudes, (près de + 0,5°C d'avril à juillet) et négativement durant les séquences froides (près de -0,5°C d'avril à juillet). Les écarts les plus importants se situent logiquement d'avril à septembre, période semestrielle qui a été utilisée pour établir la partition entre les séquences chaudes et les séquences froides (Figure 4). Pour la séquence débutant en 1988, dont la courbe est plus irrégulière car la moyenne n'est calculée que sur 27 ans, l'écart est plus important, se situant entre 0,7°C (pour le mois de juin) à 2,1°C (pour le mois de janvier).

Les écarts-types sont relativement identiques pour les séquences froides et chaudes avant 1988 (entre 1,3°C et 1,6°C) d'avril à novembre (Figure 5). Une plus grande variabilité des mois d'hiver est observée tant durant les séquences chaudes et froides avant 1988 que durant

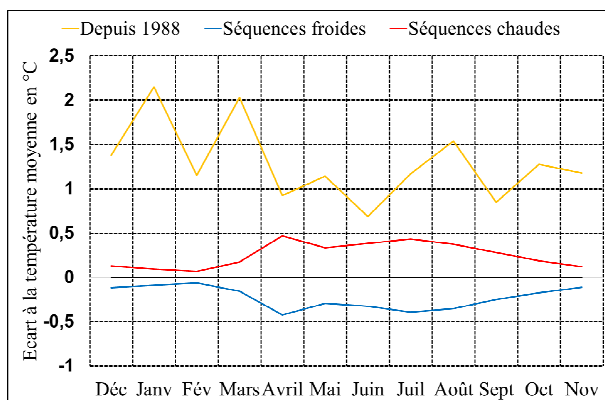


Figure 4. Ecart en °C à la température mensuelle moyenne 1658-1987.

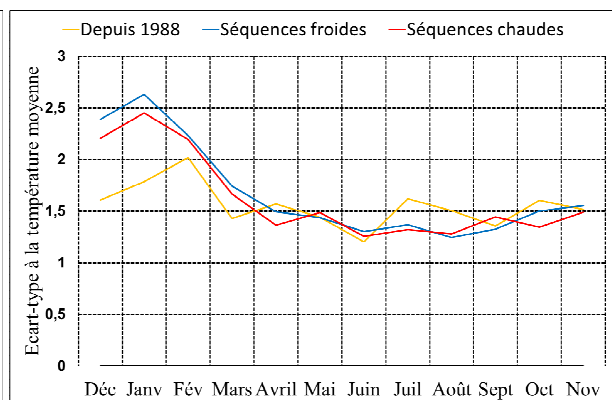


Figure 5. Ecart-type en °C à la température mensuelle moyenne 1658-1987.

la séquence chaude débutant en 1988. Les écarts-types vont de 1,6°C à 2,1°C. L'écart-type culmine à 2,1°C en janvier pour les séquences froides. Depuis 1988, l'écart-type le plus élevé culmine à 2°C en février. Pour le mois de mars, l'écart-type a aussi diminué depuis 1988 et entre désormais dans la fourchette de variation des mois non hivernaux. On note aussi une augmentation des écarts-types pour juillet et août. Il est difficile à l'heure actuelle d'attribuer cette augmentation à une caractéristique du « nouveau climat » ou à l'influence d'années exceptionnelles comme 2003 ou 2006 sur un échantillon encore trop faible (27 ans).

6. Variabilité des températures mensuelles depuis 1988

La comparaison des répartitions de températures mensuelles avant 1988 et depuis 1988 met en évidence des changements dans la distribution, bien supérieurs au changement de distribution qu'on peut observer entre les séquences chaudes et froides. Pour les mois d'hiver,

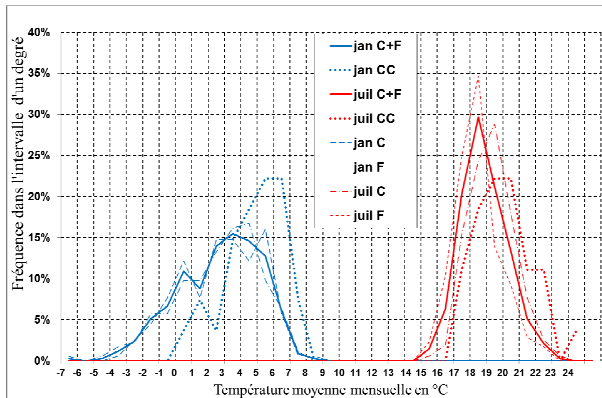


Figure 6. Distribution des températures de janvier et juillet avant 1988 et depuis 1988 (CC), et séparément pour les séquences froides (F) et chaudes (C).

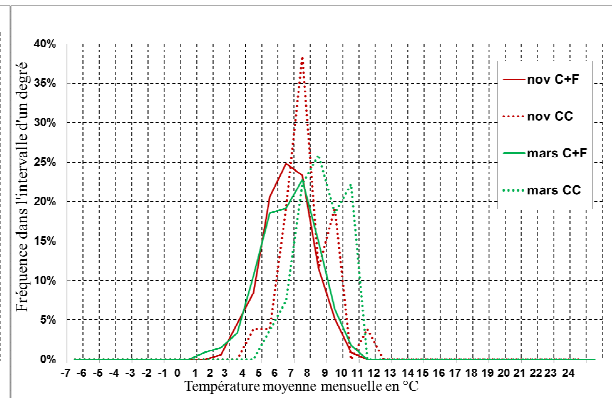


Figure 7. Distribution des températures de mars et novembre avant 1988 (C+F) et depuis 1988 (CC).

les hivers plus rigoureux sont moins fréquents (exemple du mois de janvier illustré en Figure 6) et la distribution des températures plus pointue. Les températures moyennes d'avril à octobre sont de 1°C à 2°C plus chaudes avec une dispersion autour de la moyenne sans changement. Une différence sensible est observée entre séquence chaude et séquence froide avant 1988, mais cette différence est plus que doublée depuis 1988. Les mois de novembre et de mars ont une distribution à deux maxima vraisemblablement due au faible échantillonnage. Le maximum le plus chaud va au-delà des valeurs hivernales possibles (Figure 7). Le mois de mars est fréquemment considérablement plus chaud (+3°C à +4°C) et le mois de novembre souvent plus chaud (+1°C à +3°C). On constate ainsi un raccourcissement très important des périodes hivernales.

Conclusion et perspectives

La très longue série de températures à Paris a permis de déceler des caractéristiques importantes du climat : ses fluctuations « naturelles » et de nouvelles caractéristiques depuis 1988. En complément d'un réchauffement général des températures, le « nouveau climat » se caractérise par une modification de la forme des distributions de novembre à mars : les hivers rigoureux sont moins fréquents, la période hivernale plus courte, le mois de novembre plus fréquemment automnal et le mois de mars plus fréquemment printanier.

Pour s'adapter à ce « nouveau climat », il importe de mieux connaître les autres composantes du climat telles que la répartition des précipitations et ses changements éventuels depuis 1988.

Une climatologie de référence pour les températures et aussi pour les autres composantes du climat devrait comprendre au moins une séquence chaude (comme 1928-1950) et une séquence froide (comme 1951-1987). Les changements du climat pourraient alors s'évaluer par rapport à des périodes climatiques plus homogènes que les « normales sur 30 ans » peu représentatives en période d'évolution climatique.

Afin, par ailleurs, de pouvoir relier les changements climatiques régionaux aux circulations atmosphériques à l'échelle globale conditionnant la fréquence des types de temps observés, des ré-analyses au moins jusqu'en 1928 peuvent s'avérer très utiles. La modélisation satisfaisante de ces circulations conditionne la possibilité de prévision de l'évolution du climat futur.

Références bibliographiques

- Boulliau I., 1658-1660 : *Ad thermometrum Observationes anno 1658 Parisiis, Thermometrum Florentiae fabricatum*, Ms. B 5. 12, Bibliothèque de l'Observatoire de Paris, Paris.
- Compo G.P., Whitaker J.S., Sardeshmukh P.D., Matsui N., Allan R.J., Yin X., Gleason B.E. Jr., Vose R.S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R.I., Grant A.N., Groisman P.Y., Jones P.D., Kruk M.C., Kruger A.C., Marshall G.J., Maugeri M., Mok H.Y., Nordli Ø., Ross T.F., Trigo R.M., Wang X.L., Woodruff S.D., and Worley S.J., 2011 : The Twentieth Century Reanalysis Project. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, **137**, 1-28.
- Desaive J.-P., Goubert J.-P., Le Roy Ladurie E., Meyer J., Muller O., Peter J.P., 1972 : *Médecins, climat et épidémies à la fin du XVIII^e siècle*, Mouton & Co et Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, 256 p.
- Jones P. D., Lister D.H., Osborn T.J., Harpham C., Salmon M., and Morice C.P. , 2012 : Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2010. *J. Geophys. Res.*, **117**, D05127, doi:10.1029/2011JD017139.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Roy J., and Dennis J., 1996 : The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Legrand J.P., Le Goff M., 1992 : *Les observations météorologiques de Louis Morin*, Monographie n°6, Direction de la Météorologie Nationale, 36 p.
- Le Roy Ladurie E., Rousseau D., Vasak A., 2011 : *Les fluctuations du climat de l'an mil à aujourd'hui*, Fayard, 322 p.
- Manley G., 1974 : Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **100**, 389-405.
- Maze C., 1895 : Sur le premier thermomètre à alcool utilisé à Paris. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 22 juillet 1895, 230-231.
- Moisselin J.-M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002 : Les changements climatiques en France au XX^e siècle. Etude des longues séries de données homogénéisées de température et de précipitations. *La Météorologie* 8^e série, **38**, 45-56.
- Morin L., 1665-1713 : *Manuscrit*, Ms 1488, Bibliothèque de l'Institut de France, Paris.
- Renou E., 1887 : Etudes sur le climat de Paris, Troisième partie, Température, *Annales du Bureau Central de Météorologie*, tome I, B195-B225.
- Rousseau D., 2009 : Les températures mensuelles en région parisienne de 1676 à 2008, *La Météorologie*, 8^e série, **67**, 43-55.
- Rousseau D., 2013 : Les moyennes mensuelles de températures à Paris de 1658 à 1675; d'Ismaël Boulliau à Louis Morin, *La Météorologie*, 8^e série, **81**, 11-22.