

Annexe

Séries homogénéisées

De la nécessité d'homogénéiser les longues séries

Analyser les évolutions climatiques à partir de mesures météorologiques exige de disposer de séries climatologiques suffisamment longues et dont les valeurs soient comparables dans le temps. S'il est assez facile de constituer des séries cinquantenaires, voire centenaires, il est rare que ces dernières soient utilisables en l'état :

- la qualité des données originales n'est pas toujours irréprochable ;
- les événements susceptibles d'introduire dans les séries des ruptures d'homogénéité sont nombreux. Citons entre autres les déplacements des points de mesures ou la modification de leur environnement, les changements de capteurs ou d'observateurs, les changements d'heures d'observation, etc... Ces ruptures peuvent être du même ordre de grandeur que les changements que l'on cherche à mettre en évidence.

Il est donc indispensable avant toute analyse d'une série climatologique de s'assurer préalablement de la qualité des données, de rechercher les ruptures d'homogénéité dans la série et de les corriger, c'est à dire d'homogénéiser les séries. Une note de l'Organisation Mondiale de Météorologie (Aguilar et al., 2003) insiste sur la nécessité d'homogénéiser les longues séries et présente le principe de l'homogénéisation des longues séries instrumentales.

La constitution d'un jeu de séries homogénéisées de température et de précipitations a permis à Météo-France de caractériser les changements climatiques en France métropolitaine au XX^{ème} siècle (Moisselin et al., 2002), et, plus récemment, d'actualiser le diagnostic d'évolution des températures depuis les années 1950 (Gibelin et al., 2014)

Principes de la méthodologie d'homogénéisation de Météo-France

Il existe de nombreuses méthodes d'homogénéisation de longues séries. Depuis les années 2000, les séries climatiques françaises sont homogénéisées en utilisant la méthode PRODIGE développée à Météo-France. La base théorique de cette méthode est présentée dans l'article de Caussinus et Mestre (2004). La méthode HOMER (Mestre *et al.*, 2013) est actuellement utilisée. Cette méthode, issue d'une action européenne de comparaison des méthodes d'homogénéisation existantes (<http://www.homogenisation.org>), intègre plusieurs des méthodes jugées les plus performantes parmi lesquelles la méthode PRODIGE.

La méthode d'homogénéisation est mise en œuvre sur un ensemble de plusieurs séries climatologiques appartenant à la même zone climatique. Le traitement de séries nécessite de travailler à une échelle spatiale adaptée à la variabilité du paramètre étudié.

La méthode d'homogénéisation comprend plusieurs étapes :

- constitution des longues séries climatologiques, certaines séries pouvant être constituées par aboutement des données de plusieurs postes, proches et présentant des caractéristiques semblables;
- détection des ruptures, en comparant chaque série aux séries voisines et en ajustant la date des ruptures détectées en fonction des dates de modifications des conditions de mesures (métadonnées)
- correction des ruptures identifiées.

Les performances de la méthode sont directement liées à la qualité des séries et à la corrélation entre les séries comparées. La méthode statistique estime l'ordre de grandeur de l'Amplitude Maximale des ruptures non Détectées (AMD).

Exemple d'homogénéisation des séries de températures maximales de Bessines (Haute-Vienne) sur la période 1959-2012

On dispose de longues séries de températures maximales mensuelles et annuelles en Haute-Vienne et dans les départements limitrophes sur une même période 1959-2012.

La série de Bessines est constituée à partir des données de deux postes : le poste de Bessines - collège (87014001) sur la période 1959-1997, puis le poste de Bessines - DDE (87014005) de 1998 à 2012.

La figure 1 présente un exemple de visualisation graphique des résultats issus des procédures de détection de ruptures pour la série de Bessines (Haute-Vienne), comparée aux séries proches.

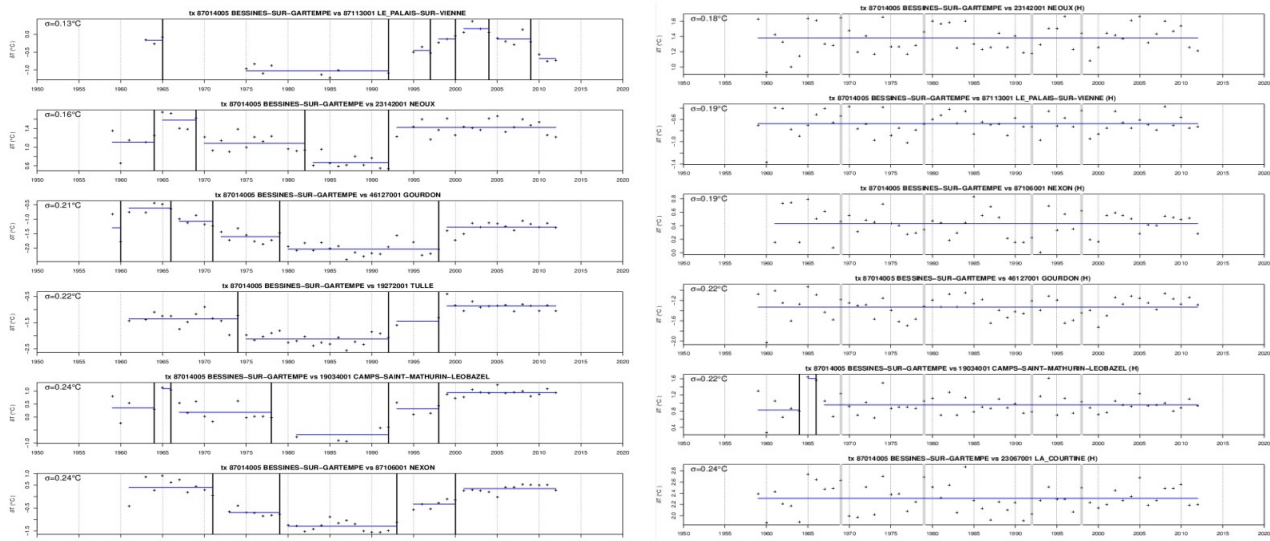


figure 1 : détection des ruptures sur la série de températures maximales de Bessines avant homogénéisation à gauche, après homogénéisation à droite. Les séries de différences sont tracées dans l'ordre des valeurs croissantes de leur écart-type (σ)

Les ruptures détectées apparaissent sous forme de traits noirs verticaux. Dans le cas présent, plusieurs ruptures marquées apparaissent. À l'issue du traitement, le climatologue a posé quatre ruptures dont deux correspondent à une métadonnée : un changement d'observateur en août 1969 et un déplacement du poste en novembre 1979. Une note de qualité moyenne lui a été attribuée, en raison du nombre de ruptures et de leur amplitude.

Météo-France fournit non seulement les valeurs des paramètres mensuels ou annuels des séries homogénéisées mais aussi de nombreux renseignements sur chaque série : constitution de la série, date des ruptures d'homogénéité, amplitude minimale détectable de la série.

Avertissement sur l'utilisation des séries homogénéisées

Le premier objectif de l'homogénéisation des séries est l'étude des évolutions climatiques. On doit cependant conserver à l'esprit que **des ruptures peuvent subsister dans les séries homogénéisées**, l'ordre de grandeur des ruptures résiduelles étant fourni par l'AMD.

Les séries homogénéisées proposées dans ce produit sont **des séries de paramètres mensuels ou annuels**. Il est à noter que les coefficients correcteurs calculés lors de la phase d'homogénéisation le sont à partir des données annuelles voire mensuelles. Il ne sont en aucun cas transposables aux données quotidiennes brutes. Les liens statistiques au pas de temps quotidien sont nettement plus complexes et dépendent de la situation météorologique.

Météo-France peut proposer **plusieurs séries homogénéisées pour un même poste et un même paramètre**. L'enrichissement permanent de la Base de données Climatologiques de Météo-France peut amener l'expert climatologue à modifier la constitution d'une longue série et la correction des séries à l'occasion d'une réactualisation des séries homogénéisées.

Météo-France propose des séries homogénéisées pour la métropole et l'Outre-Mer pour les **paramètres température, cumul de précipitations, durée d'insolation et pression atmosphérique**.

Références bibliographiques

Aguilar E., Auer I., Brunet M., Peterson T.C., Wieringa J., 2003. Guidelines on climate metadata and homogenization. World Meteorological Organization, WMO-TD No. 1186, WCDMP No. 53, Geneva, Switzerland, 55 p. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/wcdmp_series/documents/WCDMP-53.pdf

Caussinus H., Mestre O., 2004. Detection and correction of artificial shifts in climate series. *Appl. Statist.*, 3, 405-425.

Mestre O., Domonkos P., Picard F., Auer I., Robin S., Lebarbier E., Böhm R., Aguilar E., Guijarro J., Vertachnik G., Klancar M., Dubuisson B., Stepanek P., 2013. HOMER: A homogenization software –Methods and applications. *Id'ojárás*, 117, 47-67.

Moisselin J.-M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002. Les changements climatiques en France au XXe siècle. Étude des longues séries de données homogénéisées de température et de précipitations. *LaMétéorologie*, 38, 45-56.

Gibelin A.-L., Dubuisson B., Corre L., Deaux N., Jourdain J., Laval L., Piquemal J.-M., Mestre O., Dennetière D., Desmidt S., Tamburini A., 2014, *Evolution de la température en France depuis les années 1950*, La Météorologie n°87 novembre 2014, pp.45-53.