

Récupération de l'historique des données météorologiques quotidiennes d'un site en Europe occidentale

Pr Jean R. LOBRY

Le paquet  **easyclimate** permet de récupérer facilement l'historique des données météorologiques (températures minimales et maximales, précipitations) quotidiennes d'un site (ou d'une région) en EUROPE occidentale à partir de ses coordonnées GPS. La résolution spatiale est de l'ordre de 1×1 km et la plage temporelle va de 1950 à nos jours (2022 dans la version 4), soit plus de 70 ans de suivi.

Table des matières

1	Introduction	2
2	Les variables météorologiques	2
3	Récupération de l'historique météo	5
4	Annexe : comparaison avec SAFRAN	7
4.1	Les données de températures minimum	7
4.2	Les données de températures maxium	8
4.3	Les données de températures moyenne	9
4.4	Les données de précipitation	11
	Références	13

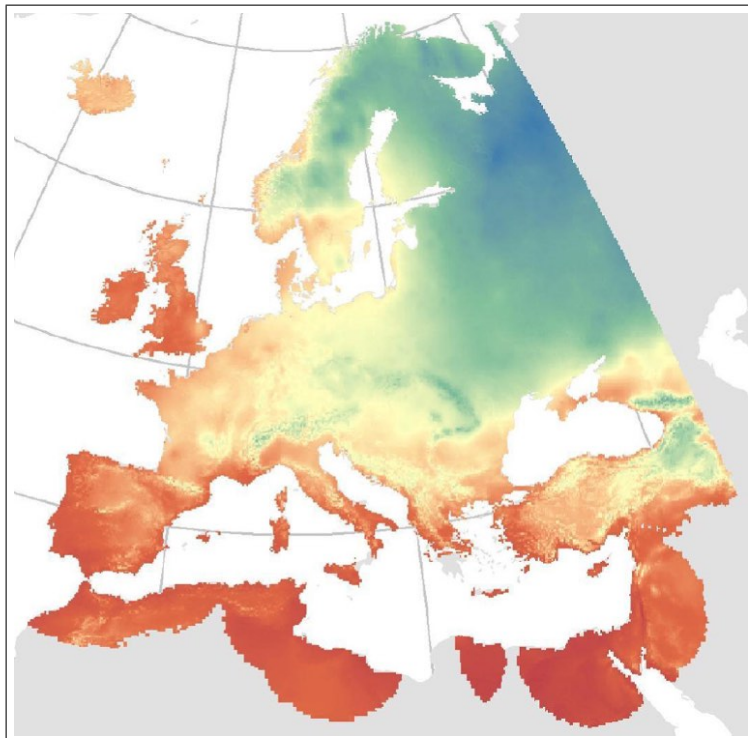


FIGURE 1 : Copie d'écran d'une partie de la figure 1 de [1] donnant les régions accessibles avec `easyclimate` [3, 6, 5, 1]. Les coordonnées extrêmes sont pour la longitude de 24.5°W à 45.25°E et pour la latitude de 25.25°N à 75.5°N [1].

1 Introduction

Le paquet `easyclimate` [3, 6, 5, 1] permet de récupérer facilement une carte des conditions météorologiques un jour donné en Europe occidentale (voir la figure 1 page 2 pour la zone couverte) ou bien l'historique en un point dont on connaît les coordonnées. On commence par la première possibilité pour illustrer les variables disponibles.

2 Les variables météorologiques

Pour illustrer cette partie j'ai d'abord voulu partir d'un fond de carte que j'avais dans mes cartons, la FRANCE des *pinzuti*¹, mais il appert que cette région est trop étendue pour la fonction `get_daily_climate()` : on est limité à environ 10^4 km^2 [1, p. 4]. Je me suis rabattu sur la CORSE qui a l'avantage d'être une île, avec donc un gradient altitudinal assez intuitif, j'ai juste bataillé un peu pour trouver un jour où les précipitations n'étaient pas nulles. Voici le

¹Voir la fiche de TD « Comment poser des points GPS sur une carte ? » à <https://esb.univ-lyon1.fr/pdf/PointsGPS.pdf>

code  que j'ai utilisé pour avoir le fond de carte de la CORSE :

```
library(geodata) ; library(terra)
fra <- gadm(country = "FRA", level = 1, path = ".")
corse <- terra::subset(fra, NAME_1 == "Corse", NSE = TRUE)
writeVector(corse, filename = "easyclimate/corse.shp")
```

LA surface de la CORSE est de $0.87 \cdot 10^4 \text{ km}^2$, nous sommes donc proches de la limite maximale pour la surface des régions à récupérer.

```
library(terra)
corse <- vect("easyclimate/corse.shp")
expanse(corse, unit = "km")
```

```
[1] 8743.253
```

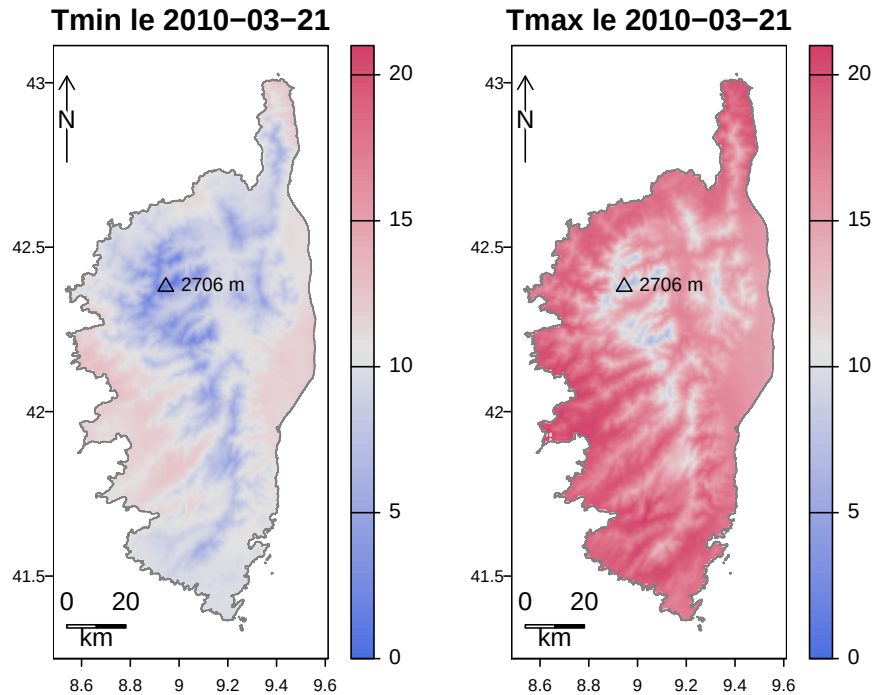
DE chez moi², il faut environ 30 secondes pour exécuter le code ci-après pour télécharger les cartes et les sauvegarder en local. Il faut donc compter 10 secondes par variable météorologique.

```
library(easyclimate)
system.time({
  for(climatic_var in c("Tmin", "Tmax", "Prcp")){
    varname <- paste0("ras_", climatic_var)
    assign(varname, get_daily_climate(corse, period = "2010-03-21",
      output = "raster", climatic_var = climatic_var))
    writeRaster(get(varname), paste0("easyclimate/", climatic_var, ".tif"))
  }
})
```

LES deux premières variables disponibles sont la température minimale et maximale du jour exprimées en degrés CELCIUS. On les représente côte à côte avec une échelle commune pour faciliter les comparaisons.

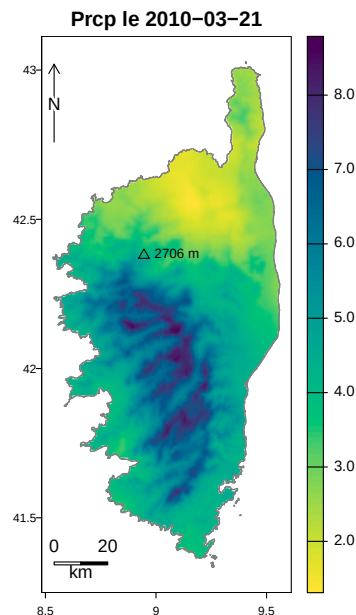
```
maCorse <- function(climatic_var, ...){
  main <- paste(climatic_var, "le 2010-03-21")
  plot(rast(paste0("easyclimate/", climatic_var, ".tif")), main = main, las = 1,
    ext = 1.1*ext(corse), ...)
  polys(corse, border = grey(0.5))
  north("topleft")
  sbar(20, type = "bar", below = "km")
  # Monte Cinto 42° 22' 47'' nord, 8° 56' 44'' est
  lon <- 8 + 56/60 + 44/3600 ; lat <- 42 + 22/60 + 47/3600
  points(lon, lat, pch = 2)
  text(lon, lat, "2706 m", pos = 4, cex = 0.75)
}
par(mfrow = c(1, 2)) ; range <- c(0, 21) ; col <- hcl.colors(100, "Blue-Red 2")
maCorse("Tmin", range = range, col = col)
maCorse("Tmax", range = range, col = col)
```

²J'ai une connexion ADSL accédée en WiFi avec un débit descendant de l'ordre 200 Mb/s. J'ai aussi essayé du labo mais j'ai eu le message d'erreur : « *Some network connections (e.g. eduroam, some VPN) often give problems* ». Il faudra que je ré-essaye en filaire.



LES températures minimales sont bien inférieures aux températures maximales et on visualise très bien la baisse de température quand on prend de l'altitude au centre des terres. Les données de température prennent donc bien en compte l'altitude. La dernière variable est celle des précipitations journalières exprimées en millimètres.

```
maCorse("Prcp", col = rev(hcl.colors(100)))
```



COMME pour les températures on a une très belle résolution spatiale qui semble elle aussi intégrer les éléments de relief. On peut ainsi récupérer en une dizaine de secondes la carte des données météorologiques journalières d'une région d'une taille comparable à celle de la CORSE. Notons que les données sur l'humidité relative de l'air ne sont pas disponibles : on ne pourra pas calculer un indice des conditions de la diffusion pollinique.

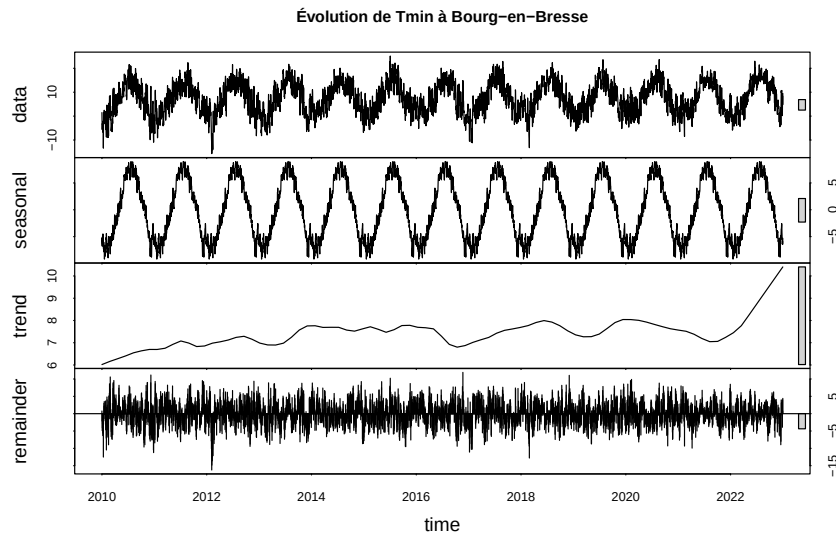
3 Récupération de l'historique météo

POUR récupérer l'historique des données météorologiques d'un site il suffit de connaître ses coordonnées GPS et de préciser la période désirée. J'ai utilisé les coordonnées du site du capteur du feu RNSA de BOURG-EN-BRESSE, dans le département de l'AIN en FRANCE. Pour la plage temporelle j'ai utilisé la période commune à `easyclimate` et `SAFRAN`, du premier août 1958 au 31 décembre 2022, soit une série de plus de 64 ans (23529 jours). Le code  utilisé est le suivant :

```
library(easyclimate)
coords <- data.frame(lon = +5.220700, lat = +46.21010)
system.time(ecdta <- get_daily_climate(coords, c("Tmin", "Tmax", "Prcp"),
  period = "1958-08-01:2022-12-31"))
save(ecdta, file = "../web/donnees/easyclimate/ecdta.Rda")
```

DE chez moi il faut compter environ 30 minutes pour récupérer les données. On a alors une table avec en colonne la date et les données météorologiques. Par exemple pour représenter l'évolution des températures minimales en décomposant la tendance générale et la composante saisonnière :

```
#load("../web/donnees/easyclimate/ecdta.Rda")
load(url("https://esb.univ-lyon1.fr/donnees/easyclimate/ecdta.Rda"))
library(lubridate)
with(subset(ecdta, yday(date) != 366 & date >= as.Date("2010-01-01")),
  plot(stl(ts(Tmin, start = 2010, frequency = 365), s.window = "periodic"),
    main = "Évolution de Tmin à Bourg-en-Bresse"))
```



Voici à quoi ressemble la table :

```
head(ecdta)
  ID_coords  lon  lat  date  Tmin  Tmax  Prcp
1      1 5.2207 46.2101 1958-08-01 19.44 34.54 0.00
2      1 5.2207 46.2101 1958-08-02 17.87 22.70 3.75
3      1 5.2207 46.2101 1958-08-03 12.75 23.47 0.00
4      1 5.2207 46.2101 1958-08-04 11.45 24.50 0.00
5      1 5.2207 46.2101 1958-08-05 11.56 28.31 0.00
6      1 5.2207 46.2101 1958-08-06 15.74 29.57 8.99

tail(ecdta)
  ID_coords  lon  lat  date  Tmin  Tmax  Prcp
23524      1 5.2207 46.2101 2022-12-26 9.30 13.55 2.68
23525      1 5.2207 46.2101 2022-12-27 3.41 11.81 0.00
23526      1 5.2207 46.2101 2022-12-28 0.20 11.95 0.00
23527      1 5.2207 46.2101 2022-12-29 8.49 13.61 9.92
23528      1 5.2207 46.2101 2022-12-30 4.75 12.29 2.76
23529      1 5.2207 46.2101 2022-12-31 9.51 17.47 0.00
```

ON peut donc récupérer facilement ces données météorologiques pour un point GPS donné. Ça peut sembler un peu long comme ça, mais je n'ai pas encore fait d'étude de *scalabilité* parce que ma liaison filaire au labo est en rade. Il n'est pas dit que ce soit linéaire en temps avec le nombre de points demandés.

4 Annexe : comparaison avec SAFRAN

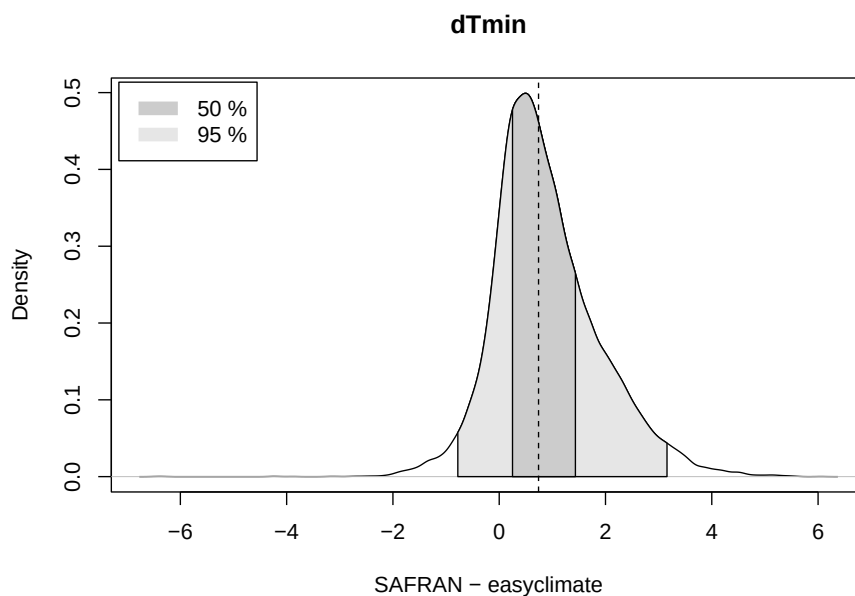
POUR avoir un élément de comparaison on récupère les données météo SAFRAN [7] du site du capteur du feu RNSA de BOURG-EN-BRESSE³. Les données ne sont pas directement comparables parce que l'on travaille à des échelles spatiales différentes : 1×1 km pour **easyclimate** contre 8×8 km pour SAFRAN. Cependant, le relief étant très peu prononcé à BOURG-EN-BRESSE, on devrait avoir des valeurs comparables. Ce n'est pas une étude de validation croisée (il doit y avoir pas mal de stations météorologiques communes aux deux d'interpolations) mais juste une vérification *quick and dirty* pour vérifier que l'on ne s'est pas grossièrement enduit d'erreur.

```
#load("../web/donnees/histoMeteo/tabSite.Rda")
load(url("https://esb.univ-lyon1.fr/donnees/histoMeteo/tabSite.Rda"))
# Calcul des précipitations totales
tabSite$Ptot <- tabSite$PRENEI_Q + tabSite$PRELIQ_Q
# Jointure entre les deux tables
cmp <- merge(tabSite[, c("DATE", "Ptot", "TINF_H_Q", "TSUP_H_Q")],
             ecda[, c("date", "Tmin", "Tmax", "Prcp")],
             by.x = "DATE", by.y = "date")
```

4.1 Les données de températures minimum

```
polycurve <- function(x, y, base.y = min(y), ...) {
  polygon(x = c(min(x), x, max(x)), y = c(base.y, y, base.y), ...)
}
mydst <- function(var, ...){
  x <- cmp[, var]
  dst <- density(x)
  par(lend = "butt")
  plot(dst, main = var, xlab = "SAFRAN - easyclimate", ...)
  sel <- dst$x > quantile(x, 0.025) & dst$x < quantile(x, 0.975)
  polycurve(dst$x[sel], dst$y[sel], col = grey(0.9), base.y = 0)
  sel <- dst$x > quantile(x, 0.25) & dst$x < quantile(x, 0.75)
  polycurve(dst$x[sel], dst$y[sel], col = grey(0.8), base.y = 0)
  abline(v = median(x), lty = 2)
  legend("topleft", inset = 0.01, legend = c("50 %", "95 %"),
        lty = 1, lwd = 10, col = c(grey(0.8), grey(0.9)))
}
cmp$dTmin <- cmp$TINF_H_Q - cmp$Tmin
mydst("dTmin")
```

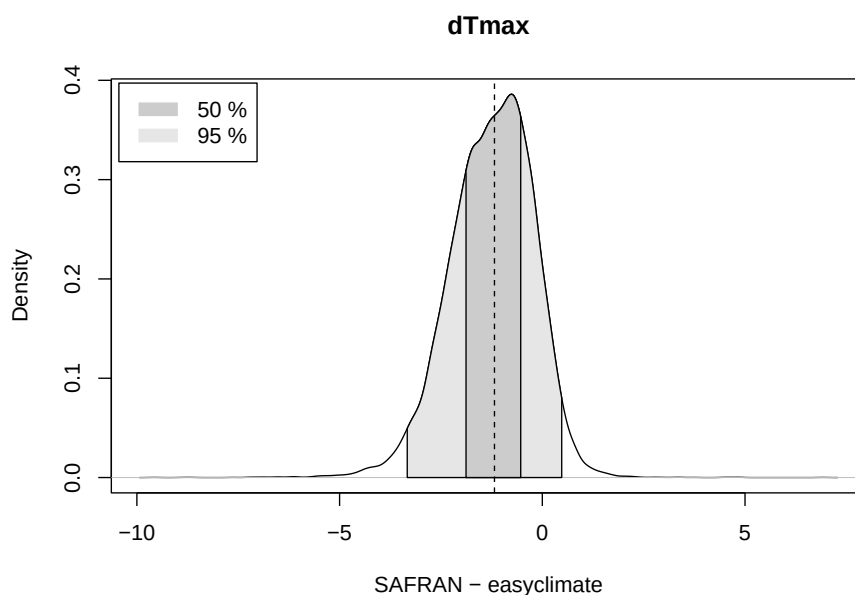
³Pour plus de détails voir la fiche de TD « Récupération de l'historique des données météo quotidiennes d'un site en France métropolitaine » à <https://esb.univ-lyon1.fr/pdf/histoMeteo.pdf>



Il y a un biais systématique avec les températures de SAFRAN légèrement plus élevées (environ 1°C) que celles d'easyclimate.

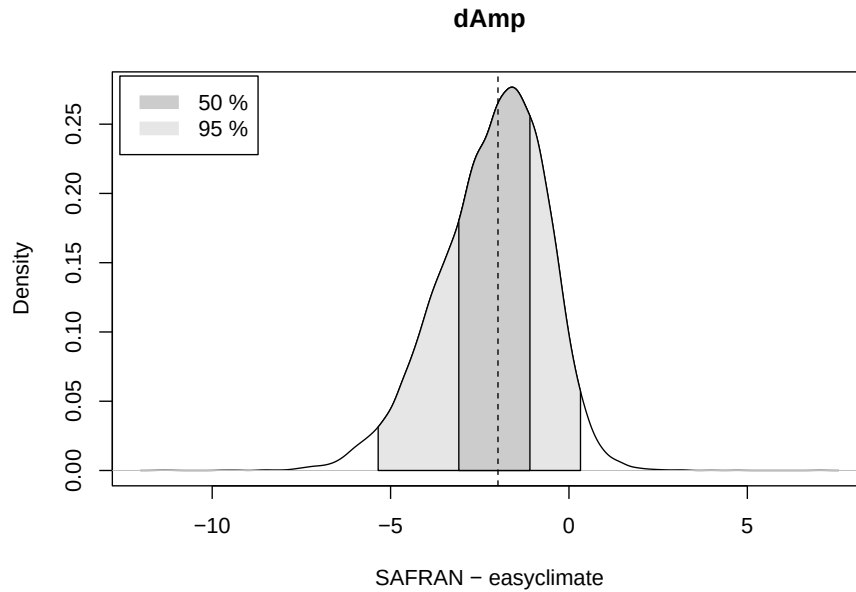
4.2 Les données de températures maximum

```
cmp$dTmax <- cmp$TSUP_H_Q - cmp$Tmax
mydst("dTmax")
```



CETTE fois ce sont les températures de SAFRAN qui sont légèrement plus faibles (toujours environ 1°C) que celles d'easyclimate. Donc globalement, l'amplitude thermique journalière est plus faible (environ 2°C) avec SAFRAN qu'easyclimate :

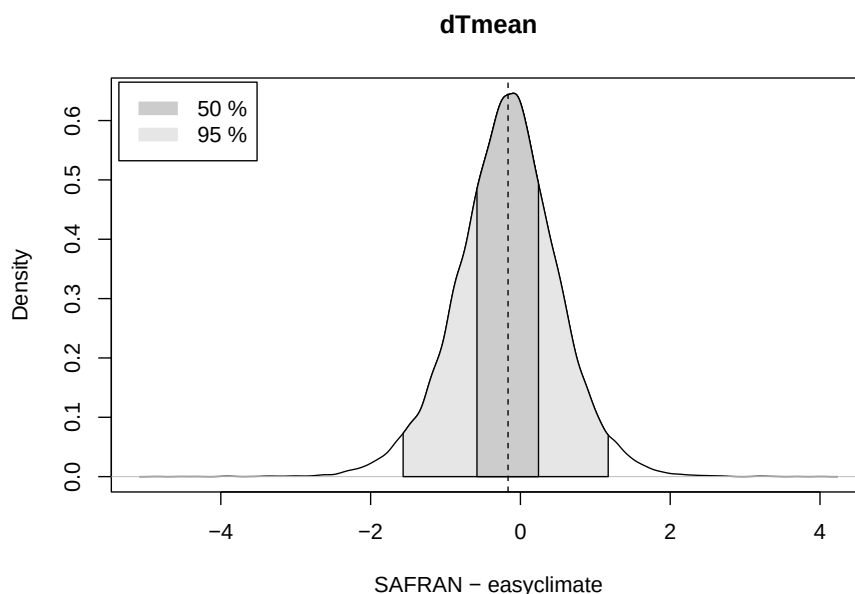
```
cmp$dAmp <- with(cmp, (TSUP_H_Q - TINF_H_Q) - (Tmax - Tmin))
mydst("dAmp")
```



4.3 Les données de températures moyenne

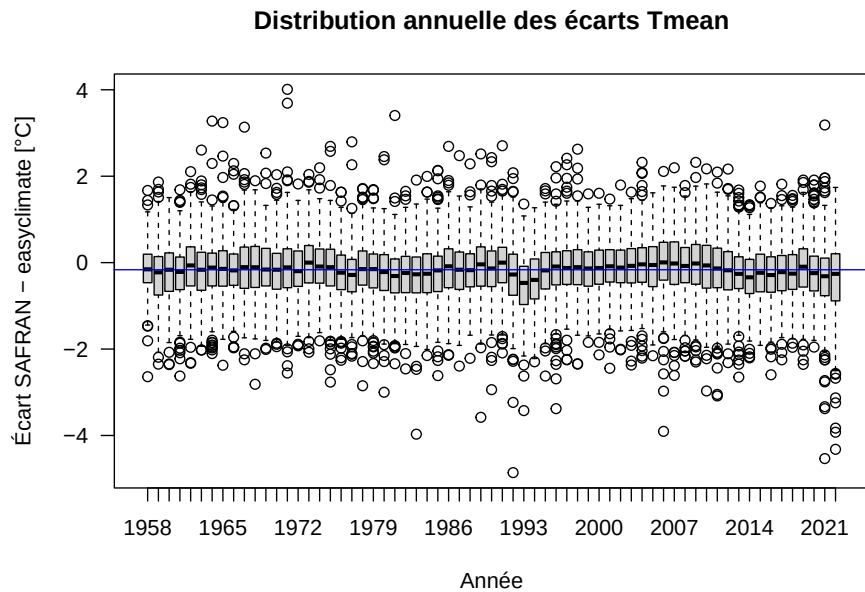
PAR température moyenne on entend ici celle au sens de DE RÉAUMUR [2, p. 558] : la moyenne de la température minimale et maximale. C'est différent de la température moyenne de SAFRAN (T_Q) qui est [4] la « moyenne quotidienne [00UTC-00UTC] ».

```
cmp$TmS <- with(cmp, 0.5*(TINF_H_Q + TSUP_H_Q))
cmp$Tme <- with(cmp, 0.5*(Tmin + Tmax))
cmp$dTmean <- with(cmp, TmS - Tme)
mydst("dTmean")
```



LES biais systématiques sur les températures minimales et maximales se compensent presque parfaitement (SAFRAN est en moyenne inférieur de 0.18 °C) quand on calcule la température moyenne. On voit que plus de 95 % des valeurs ont un écart de moins de 2°C en valeur absolue, et la moitié des valeurs ont un écart de moins de 0.5°C. Il y a donc une très bonne correspondance entre les valeurs des deux séries pour les températures moyennes. Il n'y a pas non plus de dérive des écarts au cours du temps :

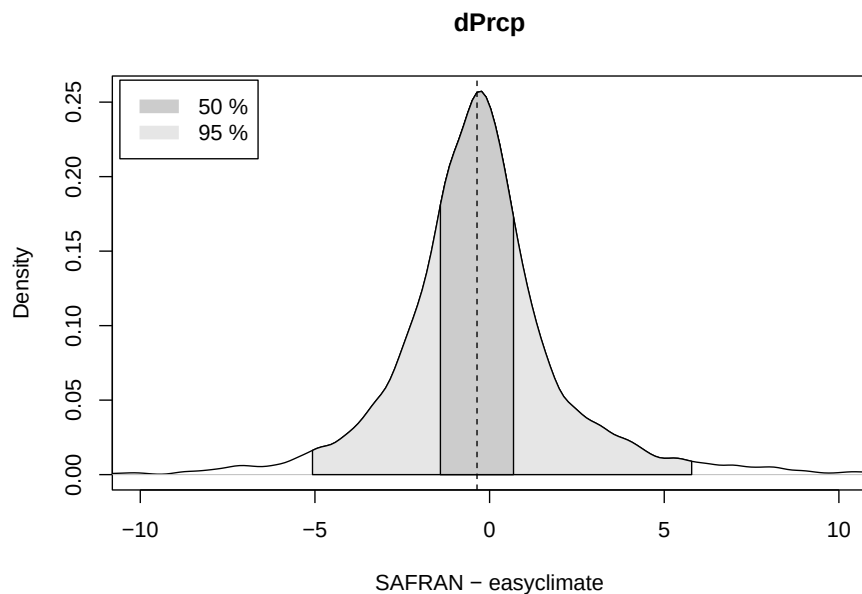
```
cmp$Year <- lubridate::year(cmp$DATE)
boxplot(dTmean-Year, cmp, main = "Distribution annuelle des écarts Tmean", las = 1,
        ylab = "Écart SAFRAN - easyclimate [°C]", xlab = "Année")
abline(h = median(cmp$dTmean), col = "blue2")
```



4.4 Les données de précipitation

POUR les précipitations je ne considère les écarts que lorsque les deux séries ne sont pas nulles. Si on ne fait pas cela on aura un nombre trompeusement élevé d'écarts nuls les jours où il ne pleut pas.

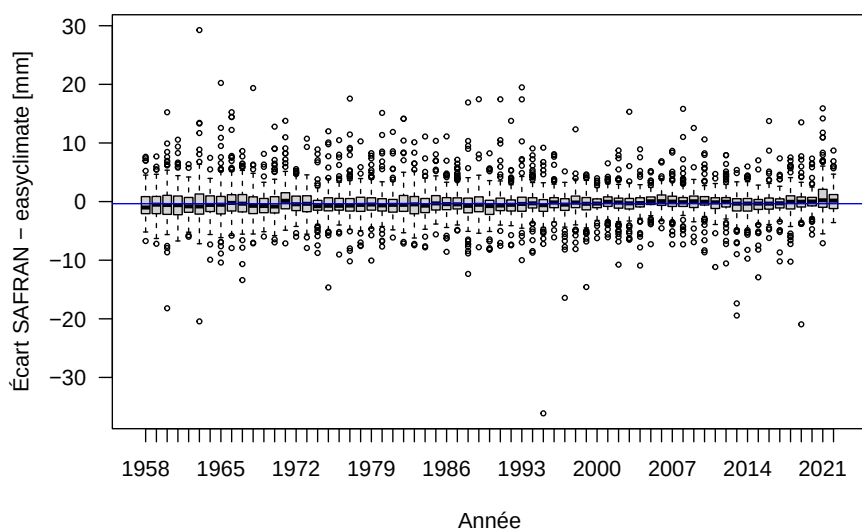
```
cmp$dPrcp <- cmp$Ptot - cmp$Prcp
cmp <- subset(cmp, Ptot > 0 & Prcp > 0)
mydst("dPrcp", xlim = c(-10, 10))
```



Je trouve la correspondance entre les deux séries assez impressionnante pour des données de précipitation. On a des écarts de moins de 5 mm en valeur absolue pour 95 % des valeurs et de moins de 2 mm pour 50 % des valeurs. Il n'y a pas non plus de dérive au cours du temps de la distribution des écarts :

```
cmp$Year <- lubridate::year(cmp$DATE)
boxplot(dPrcp~Year, cmp, main = "Distribution annuelle des écarts de précipitation", las = 1,
        ylab = "Écart SAFRAN - easyclimate [mm]", xlab = "Année", cex = 0.5)
abline(h = median(cmp$dPrcp), col = "blue2")
```

Distribution annuelle des écarts de précipitation



Références

- [1] V. Cruz-Alonso, C. Pucher, S. Ratcliffe, P. Ruiz-Benito, J. Astigarraga, M. Neumann, H. Hasenauer, and F. Rodríguez-Sánchez. The easyclimate R package : Easy access to high-resolution daily climate data for Europe. *Environmental Modelling & Software*, page 105627, 2023.
- [2] R.-A.F. de Réaumur. Observations du thermomètre faites à Paris pendant l'année 1735 comparées avec celles qui ont été faites sous la ligne, à l'Île de France, à Alger et en quelques-unes de nos Îles de l'Amérique. *Mémoires de l'académie royale des sciences de Paris*, 1738 :545–576, 1735.
- [3] A. Moreno and H. Hasenauer. Spatial downscaling of European climate data. *International Journal of Climatology*, (36) :1444–1458, 2016.
- [4] M. Pralat. Données quotidiennes SIM. Technical report, Météo-France. 73, avenue de Paris - 94 165 Saint-Mandé CEDEX - France, 2026.
- [5] C. Pucher. *Description and Evaluation of Downscaled Daily Climate Data Version 4*, 2023.
- [6] C. Pucher and M. Neumann. *Description and Evaluation of Downscaled Daily Climate Data Version 3*, 2022.
- [7] J.-P. Vidal, E. Martin, L. Franchistéguy, M. Baillon, and J.-M. Soubeyroux. A 50-year high-resolution atmospheric reanalysis over France with the safran system. *International Journal of Climatology*, 30(11) :1627–1644, 2010.