

Le changement climatique en France: Analyse des tendances climatiques

Patrick BAYO

Résumé

Le réchauffement climatique est un phénomène caractérisé par l'augmentation des températures sur la terre. Il est un problème majeur pour la société au vu de son impact sur son environnement. Dans ce document, nous abordons le premier sujet de notre série d'étude sur le changement climatique en France. L'objectif de ce sujet est d'analyser les données météorologiques historiques pour identifier et comprendre les tendances climatiques en France au fil des années.

Mots-clés: Réchauffement climatique, Régression linéaire, Analyse en composante principale, classification, Rshiny

Table des matières

1	Introduction	2
2	Description des données	2
2.1	Présentation des données	2
2.2	Analyse descriptive	3
	References	7

1 Introduction

Le réchauffement climatique représente un enjeu pour nos gouvernements, les institutions et les organismes assureurs qui ont besoins d'identifier clairement ce risque et mettre des modalités appropriées de gestion de ce risque dans une perspective de stabilité financière. En France, de nombreuses études statistiques ont été réalisées pour connaître l'exposition des population aux différents risques climatiques. Dans cette étude, nous voulons analyser les tendances climatiques et comprendre l'ampleur des changements climatique en France.

Cette analyse des tendances climatiques en France offre un aperçu approfondi des changements météorologiques, des modèles climatiques en évolution et de leurs implications sur l'environnement, l'économie et la société. En examinant les données scientifiques disponibles, cette étude vise à décrypter les variations de température, les modèles de précipitations, les phénomènes extrêmes tels que les vagues de chaleur, les inondations et les tempêtes, ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes français.

Une analyse complète du changement climatique permet de mettre en lumière l'urgence d'adopter des mesures d'atténuation et d'adaptation, de promouvoir la durabilité environnementale et de sensibiliser la population aux enjeux climatiques.

Dans ce rapport, nous proposons une analyse fine des données météorologique que nous avons recueilli à partir du site de météo france. Dans la suite de nos travaux, nous mettrons en place un outil Rshiny des visualisation de ces données.

2 Description des données

Les données utilisées dans cette étude proviennent de sources météorologiques officielles et de bases de données gouvernementales disponible sur le site de [météo France](#).

2.1 Présentation des données

À partir des données issues de météo France, nous avons construit une base **France** contenant des informations sur les conditions atmosphériques observées toutes les 3 heures sur différentes stations en France métropolitaines. Nous travaillons avec un historique de donnée allant de 1996 à 2023. Notre base contient plusieurs variables mais dans nous présentons quelques-unes dans cette section.

- `numer_stat` : Numéro de station
- `date` : date (UTC)
- `ff`: vitesse du vent moyen 10mn (m/s)
- `rafter`: rafales sur une période (m/s)
- `t`: température (K)
- `rrN`: Précipitations dans les N dernières heures (mm)
- `td`: Point de rosée (K)
- `u`: Humidité (%)

Nous disposons également d'une base **stations** contenant l'identifiant, le nom et les coordonnées géographiques des différents des stations de france.

- `ID`: Numéro de la station
- `Nom` : Le nom de la station
- `Latitude` et `Longitude`: les coordonnées géographiques de la station
- `Altitude`: l'élévation du lieu par rapport au niveau de la mer (m)

Dans cet projet, les données récupérées sur le site de Météo France nous fournissent des informations sur les vitesses de vent, températures sur 42 stations en France métropolitaine. Le principal inconvénient des ces données est la non exhaustivité de l'information à l'échelle des départements. En effet Météo France propose des données plus complètes sur ses 554 stations météorologiques professionnelles du réseau Radome et sur une durée plus importante. Cependant, ces données sont payantes. Par faute de moyen financier, nous allons faire notre analyse sur les données en libre accès.

Intéressons-nous maintenant aux tendances climatiques sur l'ensemble de nos stations en France métropolitaine.

```
ta <- t %>%
  mutate(annee = year(date)) %>%
  group_by(annee) %>%
  summarise(t = mean(t, na.rm = TRUE))

plt<-ggplot(ta, aes(x = annee, y = t)) +
  geom_line(aes(color= "Moyenne annuelle")) +
  labs(x = "Année", y = "Température (°C)") +
  theme_bw() +
  scale_color_manual(values = c("Moyenne annuelle"="#1e76b3"))
```

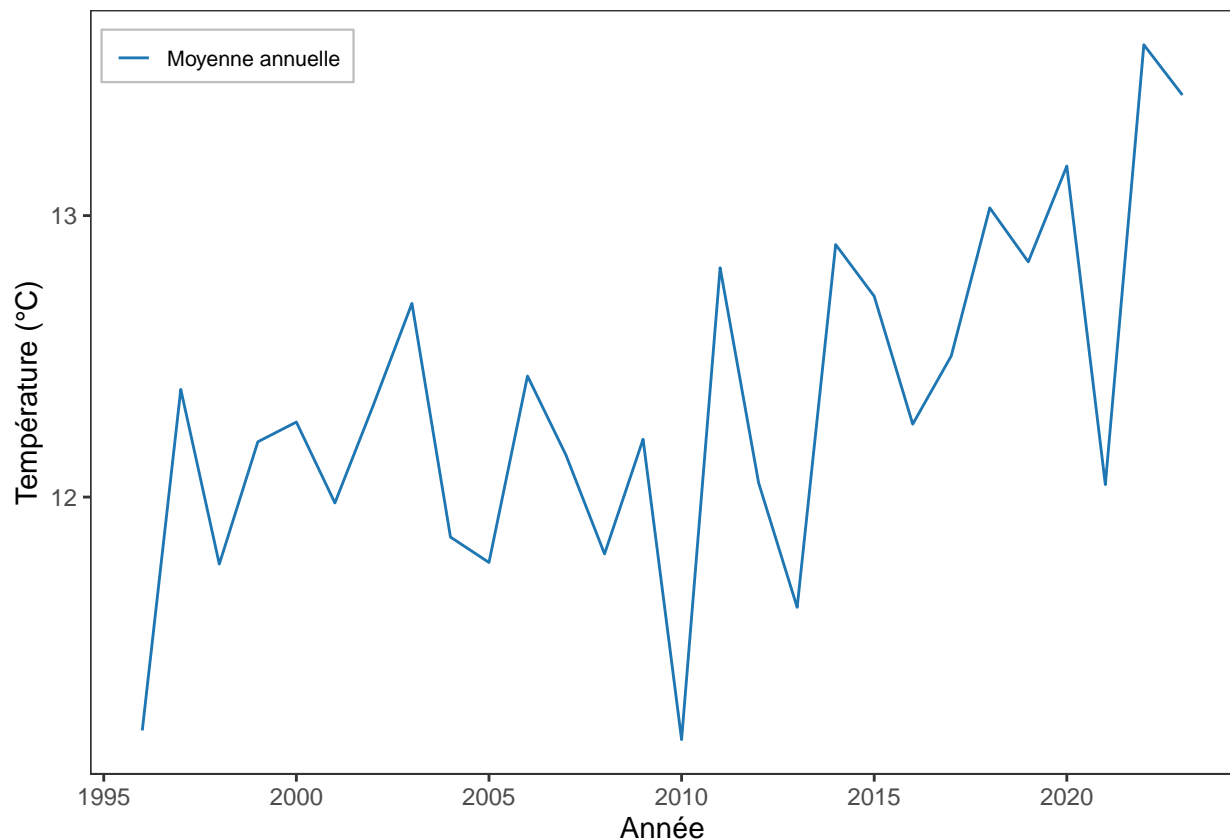


Figure 2: Moyenne annuelle des températures en France depuis 1996

Bien qu'il y ait des variations des températures moyennes annuelles, nous observons une tendance générale à la hausse, particulièrement marquée après 2015, ce qui pourrait être un indicateur du réchauffement climatique en cours. Pour quantifier précisément cette augmentation des températures, il serait pertinent d'ajouter

une régression linéaire. Cette méthode permettrait de calculer le taux d'augmentation des températures par décennie, en fournissant une estimation de la tendance de réchauffement sur cette période. Par exemple, une analyse de régression pourrait révéler une augmentation de quelques dixièmes de degré Celsius par décennie, mettant ainsi en évidence l'accélération potentielle du réchauffement climatique en France au cours des dernières années.

```
library(knitr)
# Adjuster le modèle
t_1996_2023 <- lm(t~annee, data = ta)
coefficients<-summary(t_1996_2023)$coefficients

# Créer un data frame
results <- data.frame(
  Coefficients = round(coefficients[, "Estimate"], 3),
  `Erreur standard` = round(coefficients[, "Std. Error"], 3),
  `Statistique t` = round(coefficients[, "t value"], 3),
  `Valeur p` = format.pval(coefficients[, "Pr(>|t|)"], digits = 3)
)
# Afficher le tableau avec kable
kable(results, caption = "Résultats de la tendance des températures 1996-2023", align = 'c')
```

Table 1: Résultats de la tendance des températures 1996-2023

	Coefficients	Erreur.standard	Statistique.t	Valeur.p
(Intercept)	-75.456	23.451	-3.218	0.00345
annee	0.044	0.012	3.743	0.00091

La p-value associée à la variable `année` est inférieure à 0.05, ce qui indique que cette variable est statistiquement significative. Les températures moyennes annuelles connaissent une augmentation statistiquement significative au fil des années. Toute chose étant également par ailleurs, la température moyenne annuelle augmente en moyenne de 0.44°C chaque décennie. Nous pouvons observer la tendance de température moyenne annuelle à partir de 2010. Nous obtenons les résultats suivants :

Table 2: Résultats de la tendance des températures 2010-2023

	Coefficients	Erreur.standard	Statistique.t	Valeur.p
(Intercept)	-210.264	72.091	-2.917	0.01292
annee	0.111	0.036	3.091	0.00934

Nous constatons que la p-value associées à la variable `annee` est inférieure à 0.05 donc la variable `annee` est statistiquement significative dans le modèle. Depuis 2010, les températures moyennes annuelles connaissent une augmentation statistiquement significative. Toute chose étant égale par ailleurs, les température moyennes annuelles ont augmenté en moyenne de 1.11°C sur la dernière décennie. La hausse des températures est particulièrement significative ces dernières années, nous allons observer ces différentes tendances sur un graphique avant d'approfondir notre étude.

```

# Légendes
leg_1996_2023 = sprintf("Tendance 1996-2023: %.2f °C/decade",
                        10*coefficients[2, "Estimate"])
leg_2010_2023 = sprintf("Tendance 2010-2023: %.2f °C/decade",
                        10*coeff_2010_2023[2, "Estimate"])

# Graphique
plt<-ggplot(ta, aes(x=annee, y=t )) +
  geom_line(aes(color= "Moyenne annuelle"))+
  geom_smooth(method = "lm", se=FALSE, aes(color = "Tendance 1996-2023"))+
  geom_smooth(data=ta%>%filter(annee>=2010),
              method = "lm", se=FALSE, aes(color = "Tendance 2010-2023"))+
  labs(x="Année", y="Température (°C)")+
  scale_color_manual(values = c("Moyenne annuelle" = "#1e76b3",
                                "Tendance 1996-2023" = "#ff7e0d",
                                "Tendance 2010-2023" = "#2fa02f"
                                ),
                    labels = c("Moyenne annuelle" = "Moyenne annuelle",
                                "Tendance 1996-2023" = leg_1996_2023,
                                "Tendance 2010-2023" = leg_2010_2023
                                ))+

  theme_bw()

```

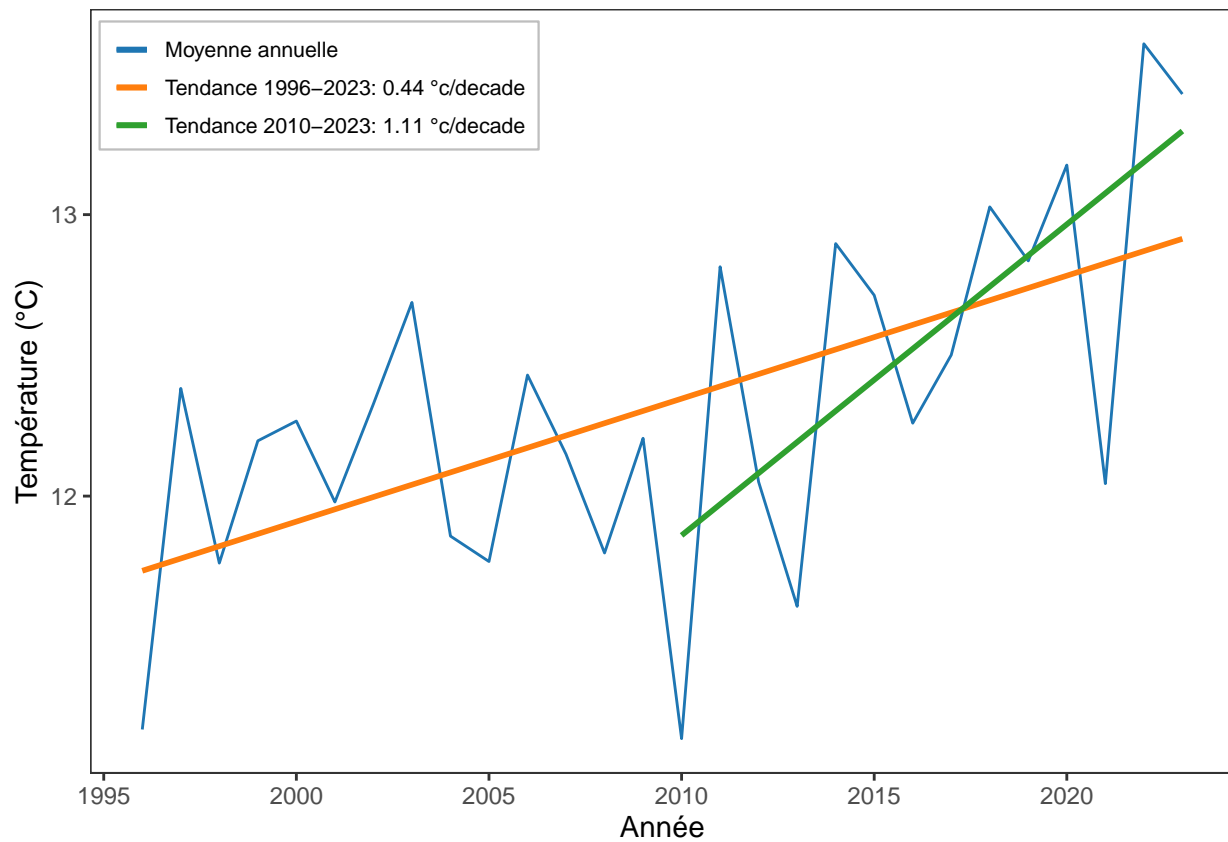


Figure 3: Tendance des températures moyenne annuelles en France

References

- [1] Scott V. Burger. 2018. *Machine learning avec R*. O'reilly.
- [2] christophe Chesneau. Introduction aux arbres de decision. Consulté à l'adresse <https://www.institutdesactuaires.com/docs/mem/5941900d66e51f7a3e06c5a79e198d00.pdf>
- [3] Veronique Maume Deschamps. 2022. *Apprentissage statistique et intelligence artificielle: Forêt aléatoire*. ISFA.
- [4] Christine Malot-Tuleau. 2007. *Introduction à la selection des variables*. Consulté à l'adresse <https://math.unice.fr/~malot/CART.pdf>
- [5] Louis Rouvière. 2022. Apprentissage supervisé - Machine learning. Consulté à l'adresse https://lrouviere.github.io/machine_learning/cours_article.pdf