

**UNIVERSITÉ SORBONNE PARIS NORD**

**M1 BIDABI**



**Econométrie Appliquée**

**Études portants sur les évidences de changement climatique.**

**ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DANS  
LA VILLE FRANÇAISE DE RENNES**

❖ Participants:

- KENNETH MUGASA    N° Etudiant: 12112827
- KAMELA K. Alesterd    N° Etudiant: 12214385
- LOUBNA LIFSAL    N° Étudiant: 12212793

Sous la Supervision de : Dr. GAYE DEL LO

## Abstract

Climate change and global warming is consistently becoming a subject of major importance in economic and political circles. Despite the fact that the phenomenon poses various threats to our own existence as well as to the way we live our daily lives, there is a raging debate on whether it is really true and as serious as some scientists are warning. In this paper we analyze the average daily temperature and the temperature range of Rennes, a city in France through a period of 77 years from 1945 to 2022. We find that the average daily temperature has increased significantly by approximately  $2.5^{\circ}\text{C}$  and the temperature range by 0.5 degrees. Our findings also show that daily minimum temperatures are increasing faster than the maximum daily temperatures and significance of seasonal effects on the temperatures.

## Résumé

Le changement climatique et le réchauffement de la planète sont en passe de devenir un sujet d'importance majeure dans les milieux économiques et politiques. Malgré le fait que ce phénomène représente diverses menaces pour notre propre existence ainsi que pour la façon dont nous vivons notre vie quotidienne, le débat fait rage pour savoir s'il est vraiment vrai et aussi grave que certains scientifiques l'annoncent. Dans cet article, nous analysons la température moyenne quotidienne et l'amplitude thermique de Rennes, une ville de France, sur une période de 77 ans, de 1945 à 2022. Nous constatons que la température quotidienne moyenne a augmenté de façon significative d'environ  $2,5^{\circ}\text{C}$  et l'amplitude thermique de 0,5 degré. Nos résultats montrent également que les températures minimales quotidiennes augmentent plus rapidement que les températures maximales quotidiennes, ainsi que l'importance des effets saisonniers sur les températures.

### ❖ Mise en Contexte:

Rennes est la préfecture de la région Bretagne, au nord-ouest de la France. Elle a une population : 215 366 Hab. répartie sur une superficie de  $50,39\text{ km}^2$  et une altitude de 30 m. elle est connue pour ses maisons médiévales à colombages. Notre Étude consistera à étudier l'évolution des températures de 1945 à 2022



## INTRODUCTION

Les changements climatiques désignent les variations à long terme de la température et des modèles météorologiques. Il peut s'agir de variations naturelles, dues par exemple à celles du cycle solaire. Nombreuses sont les personnes qui pensent que les changements climatiques se traduisent principalement par des températures plus élevées. Pourtant, la Terre est un système où tout est lié, un changement de paramètre à tel ou tel endroit peut avoir des répercussions partout ailleurs.

Plusieurs outils et Organismes mesurent cette variation de la température, et dans leurs rapports on retrouve des indicateurs tel que, la température moyenne, l'amplitude thermique, la durée des périodes de chaleur et de froid, les jours de gel, la durée de la saison de croissance, les jours de glace, les degrés-jours de chauffage et de refroidissement, et les dates de début du printemps (Masson-Delmotte et al., 2018 ; Riedmiller et al., 2018). Le niveau de température, encore appelé “La tendance centrale de la distribution” a attiré le plus d'attention, notamment en ce qui concerne la tendance à la hausse de la température quotidienne moyenne (TJM) (Rivas et Gonzalo, 2020). Dans cette étude, nous cherchons à mettre en évidence le changement climatique en étudiant deux indicateurs. La première est la température moyenne journalière ci-après dénommée AVG et la deuxième l'écart de la température diurne ci-après dénommé DTR.

L'AVG est calculé en divisant la somme de la température maximum et minimum quotidienne par deux. Et La formule se présente comme suite:

$$AVG = \frac{MAX + MIN}{2}.$$

La DTR quand a elle est obtenue par soustraction de la température quotidienne minimum et maximum. La formule se présente comme suite:

$$DTR = MAX - MIN$$

Notre travail d'analyse s'étend sur une période allant de Janvier 1945 à Novembre 2022. Pour étude, nous avons choisi la ville de Renne, qui est une commune du Nord Ouest de la France, chef-lieu du département d'ille et vilaine, et de la région Bretagne. Quant à notre présentation, nous allons d'abord présenter une analyse de la tendance des deux indicateurs AVG et DTR et de suite une analyse d'effets de saisonnalité.

## ANALYSE DES TENDANCES

Afin d'étudier cette tendance, nous avons utilisé un modèle linéaire  $Y \rightarrow c, TIME$  dont  $Y = AVG$  ou  $DTR$  comme variable à expliquer e. Quant à  $TIME$ , c'est un vecteur des valeurs qui va de 1 au nombre des jours dans l'ensemble de la période. Ensuite, nous avons procédé par une test de Newey and West pour corriger la série de l'autocorrélation et l'hétéroscédasticité.

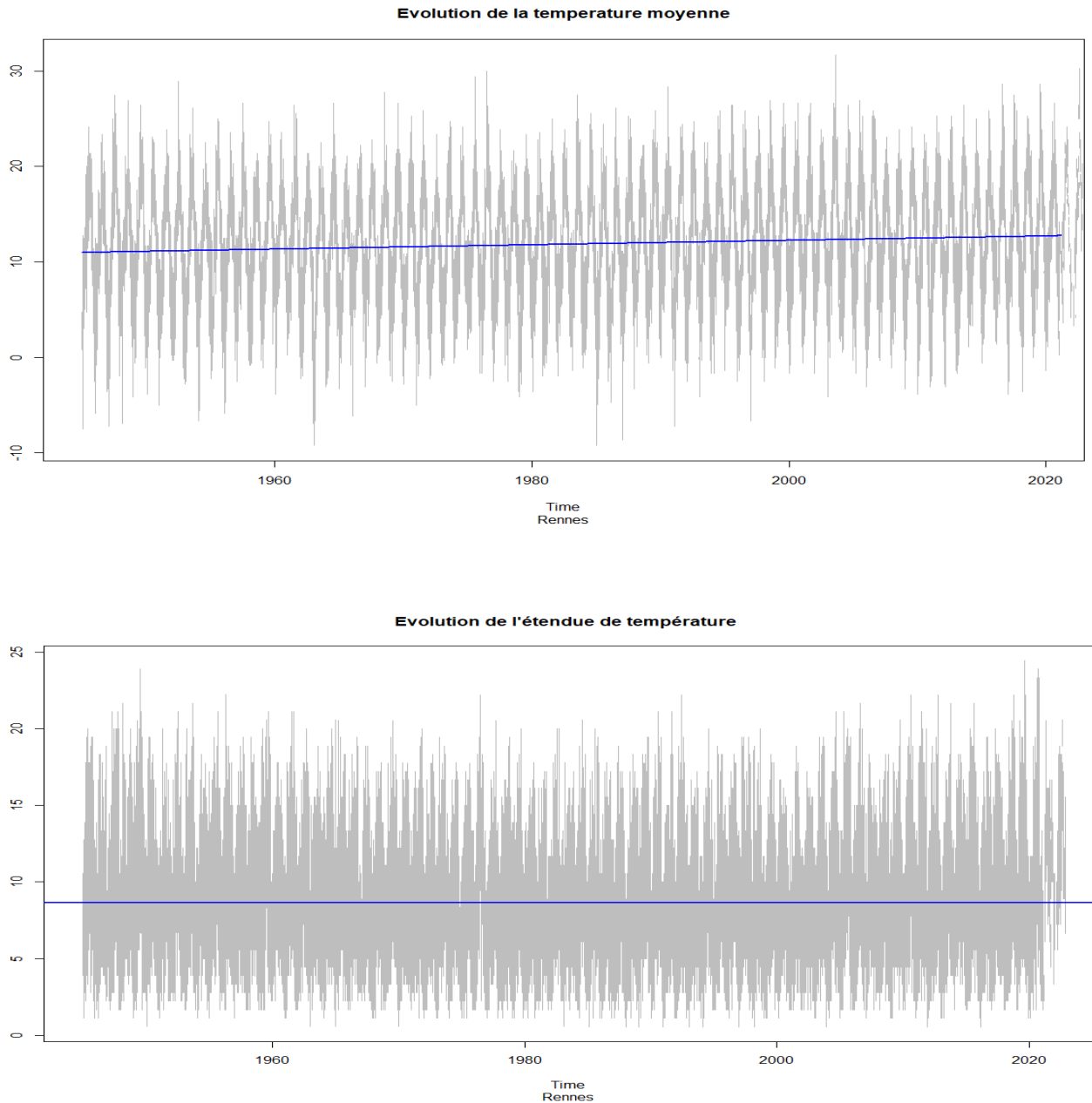


Figure 1: Graphe d'AVG et DTR ploté avec leur tendance estimée

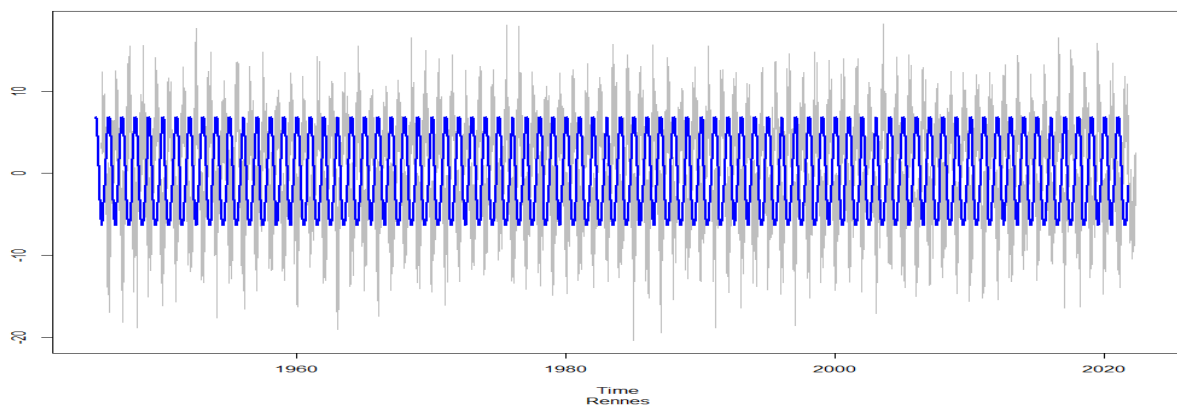
Dans la Figure no. 1 ci-dessus , nous représentons AVG et le DTR respectivement super imposé avec leur valeurs estimé de la régression dans le temps. La tendance d' AVG est significative au seuil de 0.1% et la régression est globalement significative à 95% niveau de confiance.En outre, Nous constatons une augmentation dans l'AVG d'approximativement 2.5°C qui est supérieure à de deux fois l'augmentation globale de 1°. (Lindsey & Dahlman, 2022)

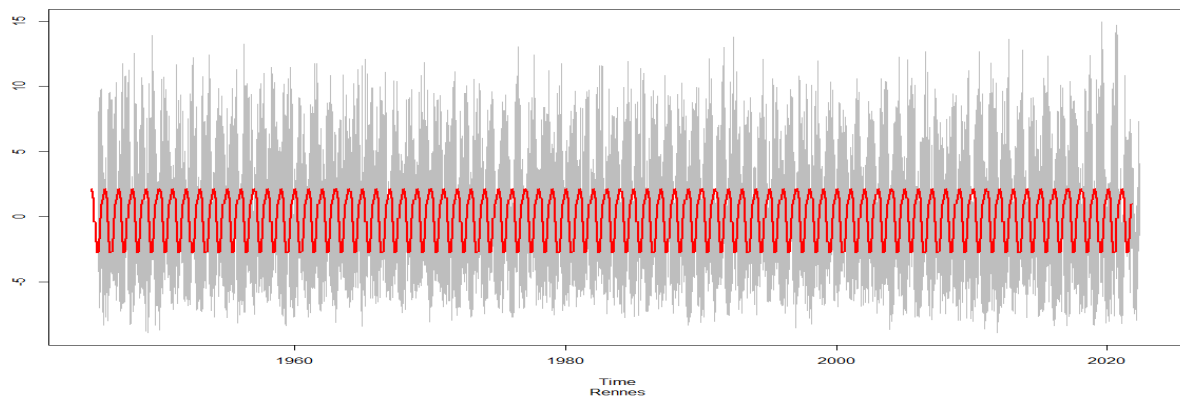
Le DTR augmente aussi par 0.5°C dans le période mais après correction pour autocorrelation nous remarquons que sa tendance n'est pas significative. Après plus d'investigation nous remarquons que les températures minimum ont augmenté plus vite que les températures maximum ce qui en conséquent réduit le DTR. Cela pourrait expliquer la faible augmentation de la DTR dans le temps.

### **ANALYSE DE LA SAISONNALITÉ FIXE :**

Pour chercher les effets de saisonnalité fixe, nous avons estimé le modèle ;  $Y \rightarrow Di$  dans lequel  $Y$  représente AVG ou DTR stationnaire et  $Di$  renvoie aux variables Dummy avec  $i$  qui représente les mois de l'année ( $i = 1, 2, 3 \dots 12$ ). La variable  $Di$  prend la valeur de 1 si le jour  $t$  se trouve dans le mois  $i$  ( $t=I$ ) sinon 0 si le jour n'est pas contenu dans le mois  $i$  ( $t \neq 0$ ) .

Nous avons les variables manquantes (NA) dans notre série temporelle de AVG et DTR que nous avons approximées par interpolation.





*Figure 2: Graphe représentant AVG et DTR avec leur propre saisonnalité estimé.*

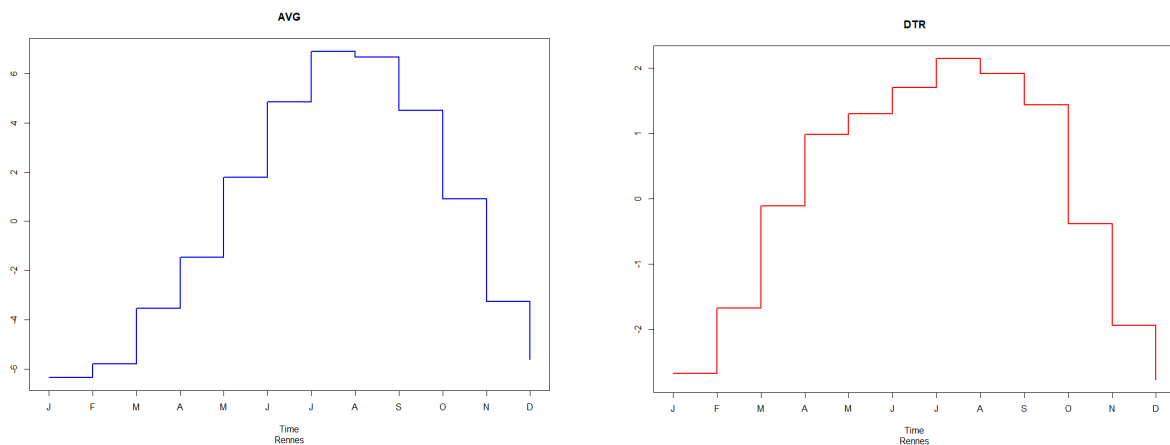
Les figures N°3 et 4 ci-dessus représentent respectivement AVG et le DTR réduit de leurs tendances superposées avec leur valeur saisonnières estimées par la régression sur les variables dummy Di.

Il s'agit simplement des 12 coefficients estimés sur les 12 variables muettes mensuelles dans la régression saisonnières. Aussi, nous constatons que la variable DTR contient plus de bruit qu'AVG, rendant sa saisonnalité plus difficilement détectable comparé à AVG.

La saisonnalité d'AVG est significative au seuil de 0.1% et la régression est globalement significative à 95 %, en témoigne le P-value de  $2e-16$  pour la statistique de Fisher mesurant la significativité globale du modèle .De plus, nous constatons que les valeurs des coefficients de saisonnalité sont négatives pour les mois 1,2,3,4,11 et 12 , impliquant donc une chute de température durant ces périodes . Cela est en accord avec la réalité observée puisque nous observons effectivement une baisse sensible des températures sur la période hivernale . Il en est de même pour les coefficients de saisonnalités qui sont positifs pour les mois 5 à 10 correspondant à la période estivale . Enfin le coefficient de saisonnalité du mois de Janvier de -6.34 est le plus bas parmi les mois les plus froids . Janvier est donc en moyenne le mois où on assiste à la plus forte chute de température dans l'année à la ville de Rennes . Tandis que Juillet est le mois avec la grosse montée de température dans l'année avec un coefficient de 6.89. Quant à la saisonnalité de DTR ,elle est significative au seuil de 0.1 % pour l'ensemble des mois sauf pour Février où n'est significative qu'au seuil approximatif de 10%. Toutefois, la régression est globalement significative à 95 %, en témoigne le P-value de  $2.2e-16$  pour la statistique de Fisher.

Toutefois ,le  $R^2$  est sensiblement moins significatif avec une valeur de 20.78% témoigne de la moins bonne qualité de l'ajustement du modèle rejoignant notre remarque faite plus haut sur la difficulté de détection de la saisonnalité du DTR dû aux nombreux bruits sur cette variable. Aussi, nous constatons ici aussi un profile saisonnier uni modal presque identique à celui d'AVG avec des pics négatifs en Décembre-Janvier et positif en Juillet. Enfin le coefficient de saisonnalité du mois de Décembre de -2.77 est le plus bas parmi les mois les plus négatifs. Décembre est donc en moyenne le mois où on assiste à la plus forte variation négative de température intra journalier de l'année à Rennes. Tandis que Juillet avec un coefficient de +2.14 est le mois avec la forte variation positive de température intra journalier dans l'année.

Dans la figure 03, nous représentons l'effet mensuel estimé sur les températures moyennes (AVG) et l'étendue (DTR). Cet effet est représenté par les coefficients attachés à chaque dummy  $D_1, D_2, \dots, D_{12}$  qui représente les mois de l'année dans la régression.



*Figure 3: Coefficients d'AVG et DTR*

Nous constatons que l'AVG évolue de façon dont la période entre Janvier et Mai correspond à une hausse des températures tandis que la période entre Août et Décembre correspond à une baisse des températures. Cette évolution est monomode dont le mois de Juillet enregistre la température moyenne maximale de l'année.

Cette évolution semble tout à fait cohérente avec la réalité car la période de Janvier au Mai correspond à une transition du veillée d'hiver vers le printemps et ensuite l'été. Les mois de Juillet et Août sont souvent associés à la pic de l'été et de Septembre à Décembre avec la transition du l'été vers l'automne et finalement l'hiver.

Le DTR évolue presque de la même façon que l'AVG ce qui est cohérent avec le résultat qu'on a trouvé dont la tendance de la DTR n'était pas significative. Néanmoins nous constatons qu'entre la période de Janvier et Mai les températures augmentent mais plus vite que ce qui est observé dans le DTR. Même que l'AVG, le DTR attend son maximum dans le mois de juillet et ensuite commence à chuter vers le bas.

Nous constatons une similitude dans la forme des deux courbes qui sont sous forme de tente avec toutefois une évolution plus régulière sur les 7 premiers mois de l'année pour la courbe de saisonnalité de la variable AVG Tandis que la courbe de DTR elle augmente rapidement avant de ralentir à l'approche du mois 7. De suite les deux courbes redescendent rapidement jusqu'au mois 12. Ainsi donc, les variations de température intra journalière sont faibles de Mai à Septembre mais très élevé de Janvier à Avril puis d'Octobre à Décembre. Les accélérations de la courbe du DTR correspondent approximativement aux périodes où les températures augmentent ou diminuent le plus du côté d'AVG. Ainsi, nous pouvons dire qu'à Reine, une augmentation ou une baisse marquée des températures d'un mois à l'autre s'accompagnent le plus souvent d'un accroissement de la variation intra journalière de la température.

De plus que l'AVG évolue de façon dont la période entre Janvier et Mai correspond à une hausse des températures tandis que la période entre Août et Décembre correspond à une baisse des températures. Cette évolution est uni modale dont le mois de Juillet enregistre la température moyenne maximale de l'année.

Cette évolution semble tout à fait cohérente avec la réalité car la période de janvier à Mai correspond à une transition d'hiver vers le printemps et ensuite l'été, les mois de Juillet à Août.



## CONCLUSION

Parvenu à la fin de notre étude qui portait sur l'étude de l'évolution des températures dans la ville de Rennes, nous avons constaté une augmentation de la température. Il est évident que le changement de température est issu d'une variation météorologique causée par les phénomènes et activités humaines. Suite à cela, la question qui se pose est de savoir quel est l'impact de cette hausse sur l'environnement ainsi que l'influence sur les villes environnantes à Rennes. Dans la même lancée, quelle politique climatique adopter pour être conforme à la COP 21 des accords de Paris ?

## REFERENCES

- Diebold, F. X., & Rudebusch, G. D. (2021, January 7). On the Evolution of U.S. Temperature Dynamics. 1 - 11.
- Lindsey, R., & Dahlman, L. (2022, June 28). *Climate Change: Global Temperature* / NOAA *Climate.gov*. Climate.gov. Retrieved December 20, 2022, from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>