



Variabilité des précipitations et de la température sur une période de quatre à cinq ans dans partie ouest de Madagascar

Antoine RABENDRINA Maitre de Conférences^{1*}, Harry JEAN Maitre de Conférences², Iantara RAJAONASY Maitre de Conférences³.

¹ Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Laboratoire de Physique du Solide, BP 101, Madagascar ; ² Université de Mahajanga, Institut Supérieur des Sciences de Technologies de Mahajanga (ISSTM), Bâtiment Ex-LOLO Mahajanga-bé Madagascar. ³ Université de Mahajanga, Institut Supérieur des Sciences de Technologies de Mahajanga (ISSTM), Bâtiment Ex-LOLO Mahajanga-bé, Madagascar.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.20617720>

Résumé :

L'analyse statistique des données climatiques pour deux variables climatiques : *Précipitation et Température* pendant 37 ans révèle un cycle interannuel, marqué par l'alternance des périodes de précipitations abondances et sécheresses prolongées. Les épisodes des fortes pluies surviennent en moyenne tous les 4 à 5 ans, tandis que les phases sèches sont caractérisées par des températures élevées ou réchauffement climatique et un déficit quasi- total en précipitations suivant les rythmes des variations climatiques.

La température ne cesse de s'accroître progressivement tandis que la précipitation diminue périodiquement. Cette variabilité peut être modélisée par une fonction quasi quasi-périodique dont 4 à 5 ans correspond à la période du cycle.

L'identification de ce comportement régulier permet d'anticiper les épisodes extrêmes, offrant des outils essentiels pour la gestion des ressources en eau et l'adaptation agricole. Ces résultats renforcent la compréhension des dynamiques climatiques régionales et leurs impacts socio-économiques.

Mots clés : *climatologie, changement climatique, réchauffement climatique.*

Abstract:

The statistical analysis of a 37-year climate dataset (precipitation and temperature) reveals a well-defined interannual variability characterized by alternating wet and dry phases. Periods of intense precipitation recur approximately every 4-5 years, while dry phases are associated with elevated temperatures and a near-complete precipitation deficit, reflecting marked climatic variability.

A progressive warming trend is observed in temperature, whereas precipitation exhibits quasi-periodic fluctuations with recurrent minima. This variability can be effectively approximated by a quasi-pseudo periodic function, with a dominant periodicity of 4-5 years.

The identification of this robust cyclic behavior provides a predictive framework for anticipating extreme hydro-climatic events. This offers valuable implications for water resource management and climate-resilient agricultural planning. Overall, these findings enhance the understanding of regional climate dynamics and their associated socio-economic impacts.

Key words: *climatology, climatic change, warming climatic*

1.Introduction :

Toutes les recherches scientifiques ont été actuellement au cœur des études du changement climatique qui menace inévitablement sur l'environnement et les êtres vivants. Le GIEC a estimé un réchauffement mondial environ de 0,2°C par décennie jusqu'à l'horizon.[1].

Plusieurs paramètres caractérisent le changement climatique, parmi lesquels les variations de températures et de précipitations occupent une place capitale. Ces variables peuvent favoriser l'apparition de phénomènes extrêmes et d'irrégularités climatiques, tels que les sécheresses et les inondations. [2]

Madagascar fait partie du pays touché du changement climatique, surtout la partie ouest de la grande île, la région du Melaky.

Notre étude est maintenant focalisée sur la variabilité des deux variables, température et précipitation sur la ville de Maintirano, chef-lieu de district de la région Melaky partie ouest de Madagascar, en analysant les caractéristiques des fluctuations dans une période annuelle. Le but de notre travail est d'analyser la variabilité périodique de la précipitation et la température dans une période quatre ou cinq ans. Dans cette période la précipitation prend une valeur maximale marquant la pluie à verse ayant pour conséquence inévitable pour les dégâts de l'environnement, comme l'agriculture et inondation, dans le cas contraire, on trouve la période sèche très accentuée tous les quatre ou cinq ans. [3]

De plus nous nous proposons d'apporter aussi une aide aux paysans afin de mieux comprendre les mécanismes météorologiques au cours des quatre ou cinq prochaines années. Les populations rurales ont beaucoup des difficultés sur des événements climatiques imprévus, tels que l'abondance de pluie et les périodes de sécheresse. En effet, Les régimes pluviométriques ne suivent plus les schémas habituels. Les dates de début et de fin des saisons sont devenues moins prévisibles qu'auparavant.

Pour mener à bien notre travail, on va étudier les données statistiques annuelles des deux paramètres température et précipitation, et ensuite on va analyser les tracées des deux courbes pour la période de quatre ou cinq années marquant la sécheresse et l'abondance des pluies ou l'inondation pendant cette période.

La connaissance de cet événement nous permet d'éviter le dégât éventuel pour l'habitat de maison et la préparation de la saison culturale.

2.Méthodologie

Pour mettre en évidence le comportement de deux variables correspondantes pendant une période sèche et abondance de pluie, on a utilisé les Logiciels Eviews et Matlab. Cette méthode s'est opérée principalement sur trois étapes. La première étape consiste à déterminer la zone d'étude et les données utilisées pour analyser l'alternance en fonction du temps. La deuxième étape a été la

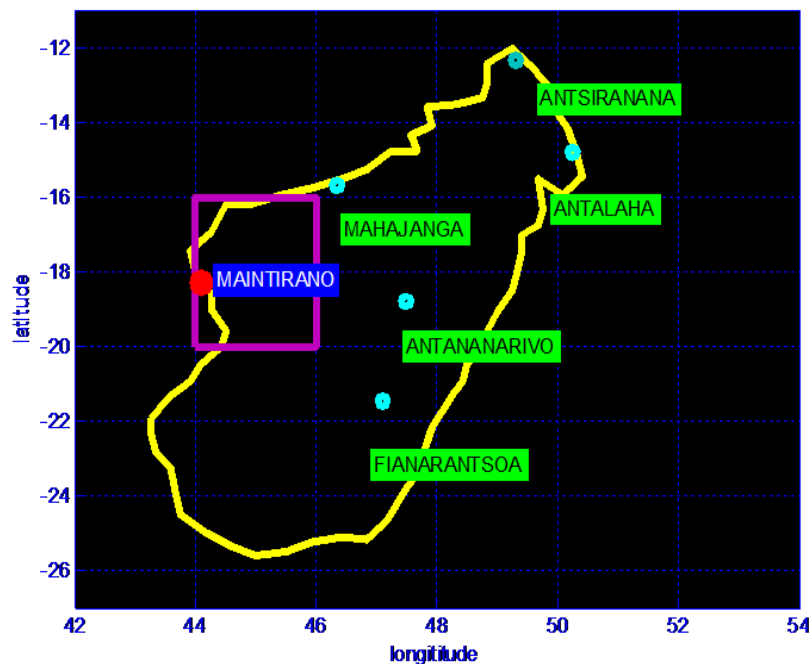
détermination des paramètres statistiques des données. Et enfin, on se termine aux modèles ARMA correspondant à ces deux variables.

2.1. Zone d'étude et donnée utilisée

Notre étude est axée sur la ville de Maintirano dont la longitude est de $44^{\circ}1'37''$ E, et à latitude de $18^{\circ}3'41''$ S.

Sur la carte de Madagascar de la **Figure 1** ci-dessous, on peut la voir facilement cette ville en couleur de point rouge de la partie gauche de notre **Figure 1**, et cette ville se trouve sur une région encadrée en violet.

Les données météorologiques utilisées sont des données pluviométriques annuelles et la température couvrant Madagascar, pour une période de 37 ans allant de janvier 1979 à Décembre 2015. Ces données sont téléchargées directement sur le ERA-Interim de l'ECMWF (European Centre for Medium range Weather Forecasts).



ü

Figure1 : Carte de Madagascar et la ville de Maintirano, de Longitude : $44^{\circ}1'37''$ E et à latitude : $18^{\circ}3'41''$ S.

2.2. Régression linéaire simple

Les variables climatiques ne sont pas indépendantes, les liaisons sont caractérisées par un modèle de régression linéaire simple dont les paramètres sont donnés par les équations suivantes : [4].

$$Y = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X + \varepsilon \quad (1)$$

Avec ε est le résidu de cette équation,

Coefficients directeurs de cette droite (notations empiriques) .

$$\hat{a}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right] y_i \quad (2)$$

$$\hat{a}_0 = \bar{y} - \hat{a}_1 \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \bar{x} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right) y_i \quad (3)$$

\bar{x} et \bar{y} sont les moyennes des variables x et y, dans notre cas n=37 (1979 à 2015).

- Variances

Les valeurs de la variance des deux coefficients sont données par les équations (4) et (5) :

$$\text{Var}(\hat{a}_1) = \hat{\sigma}_{\hat{a}_1}^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$\text{Var}(\hat{a}_0) = \hat{\sigma}_{\hat{a}_0}^2 = \sigma_\varepsilon^2 \left[\frac{1}{n} + \left[\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right] \right] \quad (5)$$

- Ecart-types

Les écart-types sont donnés par l'équation (6)

$$\hat{\sigma}_{a_1} = \sqrt{\text{Var}(\hat{a}_1)} \quad \text{et} \quad \hat{\sigma}_{a_0} = \sqrt{\text{Var}(\hat{a}_0)} \quad (6)$$

X est la variable indépendante ou variable explicative et ε est une erreur aléatoire.

- Ratios de Student

Le ratio de Student marque une loi bilatérale aux niveaux critiques supérieure et inférieure, ses valeurs sont données par l'équation (7).

$$t_{\hat{a}_1}^* = \frac{\hat{a}_1}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_1}} \quad \text{et} \quad t_{\hat{a}_0}^* = \frac{\hat{a}_0}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_0}} \quad (7)$$

2.3. Coefficient de corrélation [5]

La corrélation entre deux variables aléatoires X et Y est mesurée par le coefficient

$$\rho = \frac{\text{Cov}(X; Y)}{\sqrt{V(X) \cdot V(Y)}} \quad (8)$$

Cov(x, y) est la covariance entre x et y, et v(x) et v(y) sont les variances.

Le Coefficient de corrélation r et est donné par l'équation (9):

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX} \cdot S_{YY}}} \quad (9)$$

D'une manière générale, la forme de la régression linéaire est telle que ;

$$y_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_{i1} + \hat{a}_2 x_{i2} + \dots + \hat{a}_n x_{in} + \varepsilon_i, \quad (10)$$

De plus, la somme carrée des résidus (SCR) est notée par :

$$\text{SCR} = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad \text{avec} \quad \sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n e_i^2 = \frac{\text{SCR}}{n-2} \quad \text{et notons} \quad F^* = \left(\frac{\hat{a}_1}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_1}} \right)^2 = (t_{a_1}^*)^2 \quad (11)$$

σ_ε^2 : la variance de résidu.

2.4. Modèle ARMA de deux variables température et précipitation [6]

La Signification des modèles ARIMA permet une prédiction de l'évolution future d'un phénomène. Un autre intérêt, peut-être plus essentiel en ce qui concerne la recherche scientifique, et la signification théorique de ces différents processus dont l'interprétation dépend de la nature du phénomène étudié. Ces processus ayant une partie AR et une partie MA.

Le modèle ARMA présentant la saisonnalité est noté par SARIMA (p, d, q) (P, D, Q) s, où les paramètres p, q, P, Q et S sont des entiers positifs à déterminer pour modéliser l'évolution des observations :

p : nombre de termes du processus Autorégressive AR(p),

q: nombre de termes du processus Moyenne Mobile MA(q),

d : ordre du processus d'Intégration I(d),

P : nombre de termes du processus Autorégressive Saisonnier SAR(P),

Q : nombre de termes du processus Moyenne Mobile Saisonnier SMA(q),

D : ordre du processus d'Intégration Saisonnière I_S(D),

s : représente la saisonnalité, qui est égale à la valeur de la périodicité du signal.

Une fois un modèle retenu, on peut effectuer une prévision à l'horizon donnée et la théorie de la prédiction linéaire dans un intervalle de confiance pour les valeurs futures de la série.

3. Résultats et Discussions

3.1. Température

La température moyenne annuelle durant 37ans augmente et presque similaire à la valeur trouvée du GIEC pendant dernière décennie, qui est égale à 0,2°C. Chaque point sur la courbe donne la valeur moyenne de température annuelle pendant 37 ans. La courbe durant cette période présente une tendance légèrement croissante et ayant une pente de 0,020444°C soit 0,02°C ou 0,2°C par décennie, ce qui montre un réchauffement climatique en cette ville.

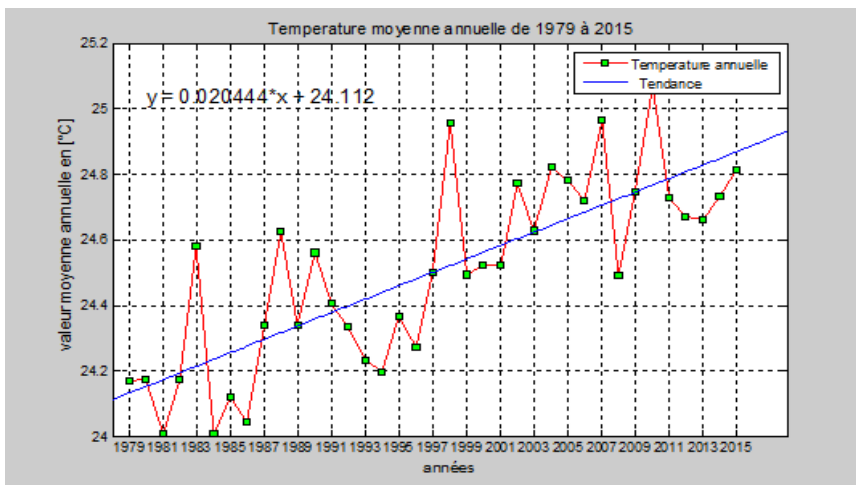


Figure 1 : Température moyenne annuelle

La Figure 1 est donnée par le Logiciel Matlab, et l'équation de cette droite de la température annuelle en fonction du temps est donnée par sur la courbe (Figure1) [7].

Le logiciel Eviews nous donne aussi les mêmes valeurs des coefficients de la droite de tendance. Le **Tableau 1** ci-dessous marque l'équation de la droite de la température, son équation est : $y = \hat{a}_1 x + \hat{a}_0$. Les valeurs de chaque coefficient de la pente **sont telles que**: $\hat{a}_1 = 0,020444$ et $\hat{a}_0 = 24,13260$ [8]. Ensuite, ce logiciel donne ensuite d'autres valeurs paramétriques statistiques de la variable utilisée, comme la variance, l'écart-type, les ratios de Student, ainsi que les coefficients de déterminations. De plus, les écart-types \hat{a}_1 et \hat{a}_0 sont données par le **Tableau 1** ci-dessous et ses valeurs sont $\hat{\sigma}_0 = 0,057634$ et $\hat{\sigma}_1 = 0,002754$. De même, ses valeurs des ratio de Student sont : $t_{\hat{a}_0}^* = 418,7218$ et $t_{\hat{a}_1}^* = 7,423933$. Les R^2 et R_a^2 sont le coefficient de détermination et le coefficient de détermination ajusté marquant la qualité de l'ajustement de la droite.

Ses valeurs sont données par :

$R^2 = 0.611606$, $R_a^2 = 0.600509$; $\hat{\sigma}_\varepsilon = 0,178853$; $SCR = 1,119588$; $F^* = 55,11478$; $P\text{-value}(F^*) = 0.000000$.

Dans ce cas $R^2 = 0,611606$ soit 61,16%.

Ainsi, 61,16% de l'allure de la variable Température peut s'expliquer en fonction des périodes des années.

Tableau 1 : Tableau donnant les valeurs des paramètres de la droite de Température annuelle

Dependent Variable: TP
Method: Least Squares
Date: 04/08/26 Time: 21:48
Sample (adjusted): 1979 2015
Included observations: 37 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.13260	0.057634	418.7215	0.0000
@TREND	0.020444	0.002754	7.423933	0.0000
R-squared	0.611606	Mean dependent var		24.50060
Adjusted R-squared	0.600509	S.D. dependent var		0.282971
S.E. of regression	0.178853	Akaike info criterion		-0.551972
Sum squared resid	1.119588	Schwarz criterion		-0.464895
Log likelihood	12.21148	Hannan-Quinn criter.		-0.521273
F-statistic	55.11478	Durbin-Watson stat		1.881721
Prob(F-statistic)	0.000000			

3.1.1. Diagramme en bâton de la température annuelle pendant 37 ans

Afin de mieux caractériser la variabilité de la température annuelle, nous analysons le diagramme en bâton présenté sur la **Figure 2**, qui représente l'évolution de la température annuelle sur une période de 37 ans. Au cours de cette période, les valeurs maximales de la température sont observées entre 2000 et 2012, tandis que la valeur minimale est enregistrée en 1987.

D'une manière générale, une tendance à la hausse progressive des températures moyennes est mise en évidence au fil des années. Par ailleurs, une périodicité approximative de quatre à cinq ans semble se manifester, caractérisée par des pics de températures associés à une intensification du réchauffement [9].

Les résultats mettent en évidence une intensification progressive du réchauffement caractérisée par une augmentation de température moyenne ainsi que par une fréquence accrue des anomalies thermiques positives au cours de la période étudiée. Cette évolution suggère une modification du régime climatique local, susceptible d'influencer les processus hydrologiques associés.

Par ailleurs, l'analyse met en évidence une périodicité approximative de cinq ans dans la variabilité climatique. Les phases correspondantes aux maxima de température et de la précipitation coïncident généralement avec des épisodes de forte pluie (précipitation à verse), favorisant le ruissellement rapide et augmentant ainsi le risque d'inondation [10].

A l'inverse, les phases minimales sont associées à des déficits pluviométriques et à des conditions plus sèches, traduisant des épisodes de sécheresse.

Ainsi, cette alternance quasi périodique entre phases humides extrêmes et phases sèches suggère une dynamique cyclique du système hydroclimatique, dont l'intensification combinée au réchauffement globale, pourrait accentuer la fréquence et sévérité des événements hydrologiques extrêmes [11].

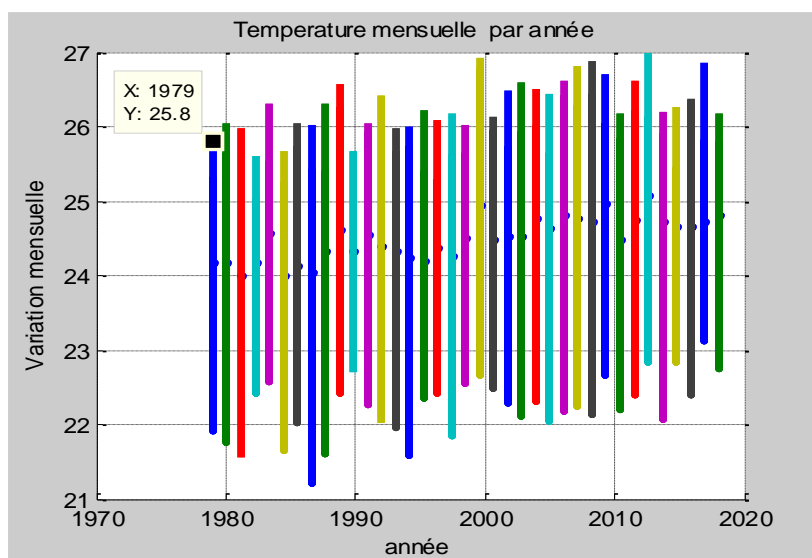


Figure 2 : La valeur de la température pour les 37 années consécutives dans un intervalle de 12 mois.

3.1.2. Modélisation de la température annuelle [12].

Les résultats statistiques de la variable température annuelle est donnée par le **Tableau 2** ci-dessous et notée TPA1. Afin d'assurer la stationnarité de cette variable, il est nécessaire de procéder à une transformation pour que les propriétés statiques des variables telles que la variance et la moyenne ne changent pas au cours du temps, qui s'exprime par l'équation suivante : $TPA1 = D(TPA)$. Par suite, cette variable est modélisée selon un modèle ARMA (0,1) (0,0). **Tableau 2** [13].

Ce modèle équivalent à un processus MA (1) et AR (0) représente un système linéaire stationnaire marquant la dépendance temporelle strictement limitée à court terme. L'absence de composante autorégressives et saisonnière indique que la dépendance temporelle est très limitée.

Dans ce modèle ARMA (0,1) (0,0), $T_1^* = -0,000359$ et $T_0^* = 4.496332$. (avec $T_{30}^\alpha \cong 2.04$ pour $n \geq 30$).

$T_1^* = -0,000359 < T_{30}^\alpha$ alors le coefficients exogène ne contribue pas à l'explication de la variable temporelle, mais sa probabilité $\Pr(T_1^*) = 0.9997$ c'est-à-dire 99,97% > 95% alors le coefficients de ce modèle se trouve dans l'intervalle de confiance, et ses coefficients ne sont pas tous nuls.

De plus, pour ce modèle ARMA (0,1) (0,0). $R^2 = 0,468510$ soit 46,85 %, ce qui montre que 47% de la variable température peut s'expliquer en fonction des périodes des années.

Tableau 2 : Modèle ARMA (0,1) (0,0) de la variable Température annuelle

Dependent Variable: TPA1= D(TPA)				
Method: ARMA Maximum Likelihood (BFGS)				
Date: 10/20/25 Time: 12:25				
Sample: 1980 2015				
Included observations: 36				
Failure to improve objective (non-zero gradients) after 97 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.020444	0.004547	4.496332	0.0001
MA(1)	-0.999999	2786.042	-0.000359	0.9997
SIGMASQ	0.031100	2.169588	0.014334	0.9886
R-squared	0.468510	Mean dependent var		0.017852
Adjusted R-squared	0.436299	S.D. dependent var		0.245328
S.E. of regression	0.184193	Akaike info criterion		-0.365711
Sum squared resid	1.119589	Schwarz criterion		-0.233751
Log likelihood	9.582803	Hannan-Quinn criter.		-0.319654
F-statistic	14.54481	Durbin-Watson stat		1.867600
Prob(F-statistic)	0.000030			
Inverted MA Roots	1.00			

3.2. Précipitation :

La courbe de la **Figure 3** représente la précipitation annuelle durant 37 ans.

Le Logiciel Matlab nous donne facilement la représentation graphique de la courbe de décroissance de la précipitation annuelle.

Cette courbe met en évidence une alternance entre la phase d'abondance de pluie et la phase des périodes de déficit pluviométrique. Le maximum de précipitation est observé en 1984, constituant un pic marqué sur l'ensemble de la période d'étude de 37 ans dans la ville de Maintirano, avec une valeur d'environ 0,6892mm. Au-delà de cette année, une tendance générale à la diminution des précipitations se dessine progressivement [14].

La tendance linéaire, représentée par une droite de couleur bleue, présente une pente négative, traduisant une diminution progressive des précipitations annuelles sur l'ensemble de la période considérée.

Par ailleurs, cette droite de tendance est encadrée par une courbe de type « dents de scie », qui met en évidence des fluctuations périodiques des maxima et des minima à l'échelle internationale.

Malgré cette variabilité, le comportement global de la série demeure cohérent avec la tendance décroissante issue d'une régression linéaire [15].

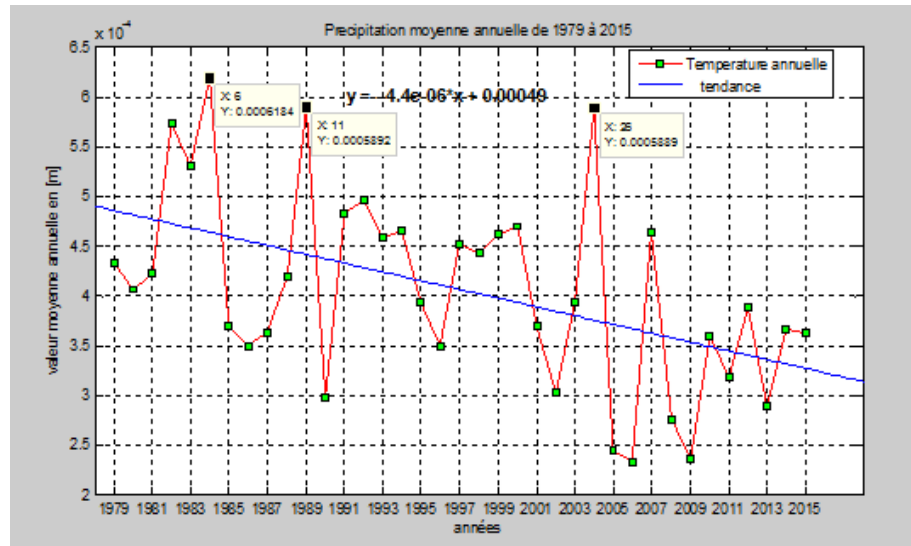


Figure 3 : Hauteur de pluie annuelle

Le Logiciel Eviews nous permet aussi de déterminer les mêmes valeurs des coefficients de la pente de tendance de la précipitation dont la forme est $y = \hat{a}_1x + \hat{a}_0$ avec $\hat{a}_1 = -0.004410$ et $\hat{a}_0 = 4,857658$ figurées sur le **Tableau 3** ci-dessous, et ensuite il donne aussi les valeurs des paramètres statistiques de cette variable, comme les écart-types $\hat{\sigma}_1$ et $\hat{\sigma}_0$ telles que : $\hat{\sigma}_0 = 0,283948$ et $\hat{\sigma}_1 = 0,013568$ et les ratio de Student sont : $t_{\hat{a}_0}^* = 17,10754$ et $t_{\hat{a}_1}^* = -3,250437$, et $R^2 = 0.231872$, $R_a^2 = 0.209926$; $\hat{\sigma}_e = 0,881162$; $SCR = 27,17561$; $F^* = 10,56534$; $P\text{-value}(F^*) = 0.002549$.

Tableau 3 : Tableau donnant les paramètres de la précipitation

Dependent Variable: PRE_A
Method: Least Squares
Date: 04/08/26 Time: 21:57
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.857658	0.283948	17.10754	0.0000
@TREND	-0.044101	0.013568	-3.250437	0.0025
R-squared	0.231872	Mean dependent var	4.063848	
Adjusted R-squared	0.209926	S.D. dependent var	0.991338	
S.E. of regression	0.881162	Akaike info criterion	2.637387	
Sum squared resid	27.17561	Schwarz criterion	2.724464	
Log likelihood	-46.79167	Hannan-Quinn criter.	2.668086	
F-statistic	10.56534	Durbin-Watson stat	2.114282	
Prob(F-statistic)	0.002549			

3.2.1. Diagramme en bâton de la précipitation annuelle pendant 37 ans

La série temporelle des précipitations annuelles sur une période de 37 ans, illustrée par la **Figure 4** ci-dessous, révèle une variabilité de type quasi-périodique. Un maximum est observé en 1990, tandis

qu'un minimum est enregistré en 2009, traduisant une amplitude significative des fluctuations interannuelles [16].

De manière générale, les pics de précipitations tendent à se reproduire selon une périodicité approximative de 5 à 6 ans, suggérant l'existence d'une composante cyclique ou quasi-périodique latente au signal pluviométrique.

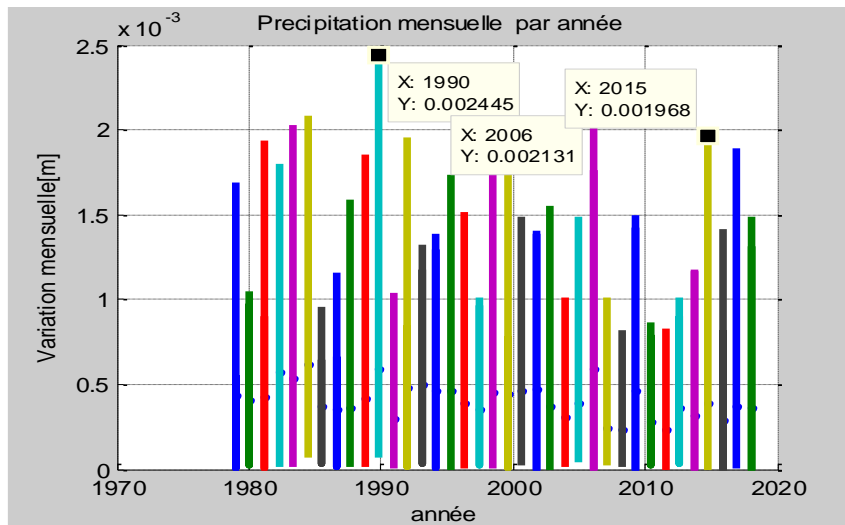


Figure 4 : La hauteur de pluie pendant 36 ans

3.2.2. Variable précipitation annuelle.

L'analyse du modèle ARMA (0,1) (0,0) appliquée à la série des précipitations, notée PRA, permet de caractériser la dynamique statistique du processus pluviométrique. Afin de garantir la stationnarité de la série, une transformation par différenciation a été effectuée, conduisant à la nouvelle variable par $PRA1=DLOG(PRA)$ pour que la variance et la moyenne restent constante au cours du temps [17].

Il ne contient aucune partie autorégressive (AR), donc la valeur actuelle d'une série ne dépend pas de ses valeurs passées mais il contient une partie de moyenne mobile MA (1) d'ordre 1

Ce modèle ARMA (0,1) (0,0) constitue une spécification particulière de la classe des modèles ARMA de Box-Jenkins. Il se caractérise par l'absence de composante autorégressive et par la présence d'une unique composante de moyenne mobile d'ordre 1 sans structure saisonnière. **Tableau 4.**

La valeur de $T_1^* = 0,000411$, et sa probabilité $Pr(T_1^*)=0.9997$ c'est-à-dire 99,97% >95% alors le coefficients de ce modèle se trouve dans l'intervalle de confiance, et ses coefficients ne sont pas nuls.

$R^2 = 0,5187$ soit 51.87 ou 52 %. Alors 52 % de cette variable peut s'expliquer en fonction des périodes des années.

Tableau 4 : Modèle ARMA (0,1) (0,0) de la variable Précipitation annuelle

Dependent Variable: DLOG(PRA)				
Method: ARMA Maximum Likelihood (BFGS)				
Date: 10/20/25 Time: 12:17				
,donc la valeur actuelles Sample: 1980 2015				
Included observations: 36				
Convergence achieved after 92 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.011411	0.003662	-3.116327	0.0038
MA(1)	-0.999999	2432.084	-0.000411	0.9997
SIGMASQ	0.048157	3.012374	0.015987	0.9873
R-squared	0.518707	Mean dependent var		-0.004845
Adjusted R-squared	0.489537	S.D. dependent var		0.320807
S.E. of regression	0.229206	Akaike info criterion		0.071564
Sum squared resid	1.733664	Schwarz criterion		0.203524
Log likelihood	1.711840	Hannan-Quinn criter.		0.117622
F-statistic	17.78262	Durbin-Watson stat		2.064660
Prob(F-statistic)	0.000006			

4. CONCLUSION

En conclusion ,l'analyse des variables climatiques ,notamment la température et la précipitation ,révèle une variabilité interannuelle marquée par un cycle récurrent d'environ quatre à cinq ans .Ce cycle se manifeste par une alternance entre des périodes de déficit pluviométrique ,souvent associées à des conditions de sécheresse affectant durement les activités agricoles et pastorales, et des phases de précipitations intenses ,à l'origine d'inondations provoquant d'importants dommages matériels et des pertes considérables.

Les résultats des deux modèles fournissant une interprétation claire sur les variabilités des deux variables en fonction des années.

Ces observations mettent en évidence la présence des dynamiques cycliques influençant le climat à l'échelle locale. Leur identification permet non seulement de mieux comprendre les mécanismes de récurrence des évènements extrêmes, mais aussi d'anticiper leurs impacts potentiels. A ce titre, cette étude constitue un outil précieux pour le développement de dispositifs d'alerte et de stratégies d'adaptation, en particulier dans le domaine agricole, contribuant ainsi à renforcer la capacité de résilience des populations face aux aléas climatiques.

Références

- [1] - WOILLEZ, M.-N. (2019), “Revue de littérature sur le changement climatique au Maroc : observations, projections et impacts”, Papiers de Recherche AFD, n° 2019-108, Juillet.
- [2] - Nisha THAKUR*, Sanjeev KARMAKAR, Sunita SONI (2021):” Rainfall Forecasting Using Various Artificial Neural Network Techniques” – A Review International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology ISSN : 2456-3307 (www.ijsrcseit.com). Volume 7, Issue 3 Page Number : 403-409
- [3] - Arthur CHARPENTIER (2003) : « Cours de Séries Temporelles Théorie et Applications », VOLUME 2 Modèles linéaires multivariés : VAR et cointégration Introduction aux modèles ARCH et GARCH Introduction à la notion de mémoire longue Exercices corrigés et compléments informatiques arthur.charpentier@ensae.fr
- [4] - BOURBONNAIS, R. (2015) : « Cours et exercices corrigés », (éd. 9e, Vol. 381). 5 rue Laromiguière, 75005.
- [5] - ZBIGNIEW DZIONG (2020): « Modélisation, Estimation et Contrôle, pour les Réseaux de Télécommunication ».
- [6] - Arthur Charpentier1(2014):« Modèles de prévision Séries temporelles »,UQAM, ACT6420.
- [7] - ROMAN KOZHAN (2010):” Financial ECONOMETRICS with Eviews”
- [8] - S. OULIARIS, A.R. PAGAN and J. RESTREPO (2016):“Quantitative Macroeconomic Modeling with Structural Vector Autoregressions” An EViews Implementation
- [9] - FREDERIC ELIE, (2010) : « Humidité atmosphérique et précipitations »
- [10] - EVA MONTEIRO, (2007) Météorologie Physique PARTIE 2 : microphysique des nuages
- [11] - André-Marie TREMBLAY (2016): « Révision automne Physique statistique PHQ 340 »
- [12] - MICHEL PRENAT (2011) : « Séries chronologiques », Volume 1: cours et exercice
- [13] - FLORIN AVRAM (2012):« Séries temporelles : régression, et modélisation ARIMA(p,d,q) »
- [14] - B. LEGRAS (2005) : « Physique de l'atmosphère et transport », COURS 1 INTRODUCTION PANORAMA DES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES. legras@lmd.ens.fr, <http://www.lmd.ens.fr/legras>.
- [15] - Ricco RAKOTOMALALA (2018) : « Econométrie La régression linéaire simple et multiple »
- [16] - Hosny HASANEAN * and Mansour ALMAZROUI (2015). Review: “Rainfall: Features and Variations over Saudi Arabia, A Center of Excellence for Climate Change Research”, Deptment of Meteorology, King Abdulaziz University, P. O. Box 80208, Jeddah 21589, Saudi Arabia;E-Mail:mansour@kau.edu.sa,climate ISSN 2225-1154 www.mdpi.com/journal/climate.
- [17] - ARTHUR CHARPENTIER (2003) : « COURS DE SERIES TEMPORELLES THEORIE ET APPLICATIONS ». Introduction à la théorie des processus en temps discret Modèles ARIMA et méthode Box & Jenkins. arthur.charpentier@ensae.fr.