ESSAI DE CORRELATION SIMPLE ENTRE CLIMAT ET PROLIFERATIONS DES ALEURODES (MOUCHES BLANCHES) DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE DJÉBONOUA (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE)

SIMPLE CORRELATION ESSAY BETWEEN CLIMATE AND WHITEFLY PROLIFERATION IN THE DJÉBONOUA SUB-PREFECTURE (CENTRAL CÔTE D'IVOIRE)

KANGA Kouakou Hermann Michel,
Groupe de Recherche et d'Études Territoires, Environnement et Développement Durable (GRE-*TEDD), Université Alassane OUATTARA-Côte d'Ivoire,*
Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales (LAVSE), Université Alassane OUATTARA-Côte d'Ivoire
Email : rmannkanga@gmail.com

RESUME
La diversité climatique et écologique de la Côte d'Ivoire est certainement favorable au développement de diverses productions agricoles. Cependant, elle est également propice à la prolifération de bioagresseurs qui nuisent aux cultures. Aujourd'hui, avec le changement et la variabilité du climat, il apparait aussi une propagation inquiétante des aleurodes durant ces dernières années dans la sous-préfecture de Djébonoua (centre de la Côte d'Ivoire). C'est dans cette optique que cette étude vise à analyser l'influence des paramètres climatiques comme la pluviométrie et la température sur la pullulation des aleurodes. Le traitement des relevés climatiques s'est fait à travers la détermination du coefficient d'Angot et l'application des tests de Pettitt et Mann-Kendall. Pour les données entomologiques, la régression linéaire et aussi le test de Mann-Kendall ont été utilisés. Pour mesurer la relation entre les paramètres du climat et le nombre d'aleurodes, la corrélation de Bravais Pearson fut appliquée. Il ressort que le régime des pluies de Djébonoua est bimodal accentué. Il n'existe pas de rupture dans les séries pluviométriques qui enregistrent néanmoins une baisse non significative. La tendance thermique est en hausse très significative avec une rupture détectée en 1993. La distribution des aleurodes a montré une plus grande prolifération durant la saison pluvieuse. En outre, il faut noter une tendance annuelle à la hausse des aleurodes et celle-ci est significative. Cette pullulation des aleurodes est plus conditionnée par la température que la pluviométrie.
Mots Clés : Bioagresseurs-aleurodes, pluviométrie, température, saison climatique, Djébonoua-Côte d'Ivoire.

ABSTRACT
Climatic and ecological diversity in Côte d'Ivoire is clearly beneficial to the successful development of a wide range of agricultural crops. However, it is also conducive to the spread of crop-damaging pests and diseases. In recent years, with climate change and variability, there has also been an alarming spread of whiteflies in the Djébonoua sub-prefecture (central Côte d'Ivoire). With this in perspective, this study aims to assess the impact of climatic parameters such as rainfall and temperature on whitefly outbreaks. Climatic data were processed by determining the Angot coefficient and applying the Pettitt and Mann-Kendall tests. For entomological data, linear regression and the Mann-Kendall test were used. To measure the relationship between climate parameters and whitefly numbers, the Bravais

Pearson correlation was applied. The rainfall pattern at Djébonoua is markedly bimodal. There is no discontinuity in the rainfall series, which nevertheless shows a non-significant decrease. The temperature trend is towards a very significant increase, with a change detected in 1993. Whitefly distribution showed greater proliferation during the rainy season. In addition, there is a significant annual upward trend in whitefly numbers. Moreover, this whitefly outbreak is conditioned more by temperature than by rainfall.
Keywords: Biological pests (Bio-aggressors)-whiteflies, rainfall, temperature, climatic season, Djébonoua-Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

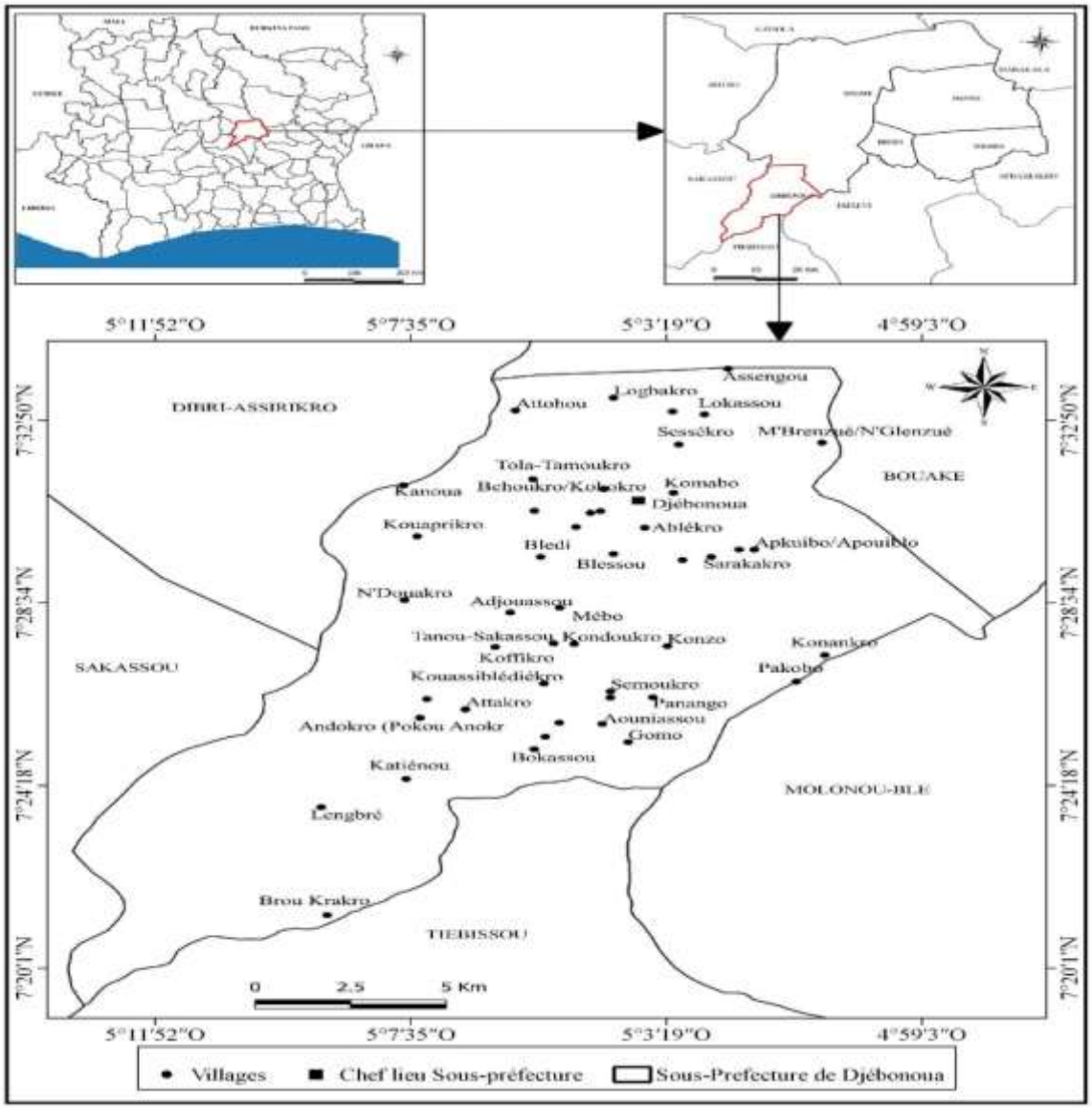
Malgré que les insectes soient importants pour l'environnement et l'homme, seulement 0,5% de la totalité des espèces est considérée comme nuisible. Ces insectes détruisent près d'un cinquième de la productivité agricole mondiale (Sallam K., 2008, p.222). Aujourd'hui, la pression parasitaire est de plus en plus forte dans le secteur maraicher en occurrence par celle de la mouche blanche ou aleurode. L'éradication de ces bioagresseurs fait appel à plusieurs techniques et méthodes. La lutte avec les produits chimiques a été pendant longtemps privilégiée. Ainsi, près de 79,84% des producteurs utilisent des pesticides (Siapo Y.M. et *al.*, 2018, pp.266-280) pour lutter contre ce phénomène. Cependant, de nouvelles espèces d'insectes ravageurs et parasites ne cessent de défrayer régulièrement la chronique (Journées de conférences et d'échanges, 2021, p.13). Outre, en plus du changement climatique et de la variabilité climatique accentuée, l'on assiste à une émergence et une prolifération des bioagresseurs que ce soit en zone savanicole qu'en zone forestière (N'Zi J.C. et *al.*, 2019, pp.340-343; Didi G.et *al.*, 2018, p.12205; Dossa et *al.*, 2019, p.493-502). La sous-préfecture de Djébonoua n'en fait pas exception. En effet, en 2013, une forme de virus (virose) transmise par l'aleurode appelée Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) a été identifiée dans la Sous-préfecture de Djébonoua par les entomologistes du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA). Depuis lors, ces ravageurs ne cessent de s'accroitre dans cette zone, occasionnant ainsi une baisse de la production agricole. Cet article est une contribution pour évaluer le lien qui existe entre les paramètres climatiques et l'évolution des aleurodes dans la sous-préfecture de Djébonoua. Dès lors, on se pose la question suivante : Comment les paramètres climatiques influencent-ils l'évolution des aleurodes (mouches blanches) dans de la sous-préfecture de Djébonoua ?

2. METHODOLOGIE

2.1 présentation de la zone d'étude

Djébonoua est situé à 19 km de la ville de Bouaké et environ 100 km de la capitale politique Yamoussoukro sur la Nationale A3 reliant les deux villes et distante de 310 km d'Abidjan, capitale économique. La circonscription de Djébonoua fait partie du département de Bouaké, de la région de Gbêkê. Djébonoua est chef-lieu de sous-

préfecture et de commune. Au niveau sous-préfectoral, Djébonoua est limité au Sud par la circonscription de Tiébissou, à l'Est par le département de Didiévi à l'Ouest par le département de Sakassou et au Nord par le département de Bouaké voir (Figure 1).



Source : BNETD/CCT, 2017 **Conception et Réalisation** : KANGA K.H.M, 2023

Figure 1 : Localisation de la sous-préfecture de Djebonoua

La Côte d'Ivoire en général appartient au craton ouest-africain ou dorsal de Man. Les formations de cette dorsale constituent le substratum précambrien et occupent 97,5% de la superficie du territoire ivoirien (Avenard J-M., 1960, p.22). Sur ce socle on distingue, on distingue deux domaines géologiques : à l'ouest, le domaine archéen et à l'est le domaine de paléoprotérozoïque. Ainsi, retrouve-t-on des granitoïdes à biotites homogènes et hétérogènes sur l'ensemble de la sous-préfecture. Ces granitoïdes se sont formés dans le complexe Baoulé au protérozoïque inferieur. C'est donc une formation géologique éburnéenne volcano-sédimentaire.

Les sols se constituent par l'altération des roches qui fondent le substratum. Les formations pédologiques dans la sous-préfecture de Djébonoua sont de type ferrisol et ferrugineux tropical (Dabin B. et *al*., 1960, p.15). Ce sont des sols types de la zone de transition forêt-savane en Côte d'Ivoire. Ainsi, les sols de la zone de transition (Les ferrisols et Les sols ferrugineux tropicaux) sont des sols riches en matières organiques et aux propriétés chimiques favorables aux développements des activités agricoles.
Cet espace d'étude implanté sur un substratum granitique est relativement plan constitué de plateaux de faible altitude compris entre 184 mètres et 319 mètres avec de nombreuses vallées, selon le USGS (United States Geological Survey) et STRM (Shuttle Radar Topography Mission) de 2020. Les altitudes croissent selon un gradient Sud-Nord. Ce relief est favorable à l'activité agricole du fait de sa planéité. Selon le USGS et STRM (2020), le réseau hydrographique de la sous-préfecture de Djébonoua est dense avec 130 cours d'eau dont la longueur est supérieure ou inférieure à 1000 km. Ce drainage constitue un atout pour l'activité maraichère pratiquée dans cette zone.

2.2 Données et méthodes de l'étude

2.2.1. Données d'étude

Les données climatologiques obtenues proviennent du site internet NASA POWER. Il s'agit de données satellites. Ces données concernent la pluviométrie, la température mensuelle allant de 1980 à 2020, soit 41 ans. Ce type de données climatologiques fut utilisé à cause de l'absence de données *in situ* à l'échelle de la localité d'étude. Les données entomologiques obtenues proviennent du Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire (CEMV). Ces données concernent le volume de la population de la *Bemisia tabaci* (Aleurode de tabac ou la mouche blanche). Il s'agit d'inventaire de la population des aleurodes effectué sur les parcelles (50) de tomates. Cet inventaire a été faite grâce à la technique de pose de pièges sur des parcelles d'échantillon représentatif afin de compter le nombre d'aleurodes adultes et enfants en fonction des périodes dans le but de suivre leur évolution. Les données ont été recueillies sur une période de 5 ans. La technique consiste à installer dans une parcelle un nombre de pièges par utilisation d'appât alimentaire ou les pièges chromatiques englués qui attirent les ravageurs selon la couleur. Ensuite, les décomptes ou recueil sont effectués chaque 15 jour. Les données entomologiques de cette étude couvrent cinq années. Cela s'explique par une activité récente du CEMV à l'échelle de la sous-préfecture de Djébonoua et des difficultés liées à la collecte de ces données.

2.2.2 Méthodes de traitement des données

2.2.2.1. Détermination du régime pluviométrique (Angot 1970)

Le régime pluviométrique est le mode de distribution des pluies en une saison complète sur plusieurs années en un lieu donné. Il permet donc de définir le type et le

nombre de saisons d'un lieu au cours de l'année. En effet, il peut être soit unimodal lorsqu'il présente un maximum et un minimum pluviométrique dans l'année, soit bimodal accentué lorsqu'il présente deux maxima et deux minima pluviométriques dans l'année, et soit très rarement confus c'est-à-dire il présente plus de deux maxima ou minima dans l'année (Kanga et *al*., 2019, p.66). Le coefficient pluviométrique mensuel (Cm) se détermine à l'aide de la formule d'Angot (1970). A partir du graphique construit, le type de régime pluviométrique est déterminé. La formule est la suivante :

$$Cm = k\ Pm\ P \qquad \textbf{(Formule 1)}$$

Avec : Cm = coefficient pluviométrique ; Pm = hauteur de la pluviométrie mensuelle en mm ; P= hauteur de la pluviométrie annuelle en mm et k= l'inverse du nombre de jours du mois sur le nombre de jours dans l'année. =Pour un mois de 31 jours Cm = 11,76 Pm/P avec k= 1/ (31/365)

Pour un mois de 30 jours Cm = 12,19 Pm/P avec k= 1/ (30/365)

Pour un mois de 29 jours Cm = 12,58 Pm/P avec k= 1/ (29/366)

Pour un mois de 28 jours Cm = 12,99 Pm/P avec K= 1/ (28/365).

2.2.2.2 Analyse de l'homogénéité des séries pluviométriques et thermiques : test de Pettitt (1979)

Pour déterminer les ruptures dans les séries chronologiques de la pluviométrie, le test de PETTIT a été utilisé. C'est un test non paramétrique qui dérive du test de MANN-WHITNEY. L'absence d'une rupture dans la série (Xi) de taille N constitue l'hypothèse nulle. (Kanga K.H.M. et *al*. 2016). La mise en œuvre de cette analyse statistique a été faite sur la série chronologique allant de 1980 à 2020 afin de détecter une éventuelle modification du régime pluviométrique et thermique dans la sous- préfecture de Djébonoua. Le test de Pettitt (1979) suppose que pour tout instant « t » compris entre 1 et N, les séries chronologiques appartiennent à la même population. La variable à tester est le maximum en valeur absolue de la variable de Pettitt (Ut, N). La probabilité de dépassement approximative d'une valeur k est définie. Cette valeur permet d'apprécier l'importance de la rupture. L'absence de rupture dans la série de taille N constitue l'hypothèse nulle. Si l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable Ut, N.
Le test de Pettitt s'énonce par la formule suivante :

$$Ut,N=\sum_{i=1}^{t} \quad \sum tj=t+1\ Dij \qquad \textbf{(Formule 2)}$$

Où : *Dij=sgn (xi-xj) avec sgn (x)= 1 si x = 0 et -1 si x< 0.*

Le test de Pettitt (1979) permet d'identifier les points de ruptures d'une série temporelle afin de les classer en sous séries. Il faut noter que plusieurs chercheurs ont testé sa fiabilité lors de leurs différentes études en Afrique. La crédibilité de ce test émane également de la précision de l'année où la rupture à lieu exactement dans une série donnée. En effet, le logiciel et Xlsat 2014 a été utilisé pour le test de Pettitt.

2.2.3. Le niveau de significativité de la tendance : le test de Mann-Kendall

Le test de Mann-Kendall permet d'examiner la significativité d'une tendance linéaire (à la hausse ou à la baisse) sur une série chronologique. L'hypothèse H0 testée est « la tendance n'est pas significative ». Si *p-value* < *alpha*, seuil de significativité choisi, l'hypothèse H0 est rejetée et on conclut à l'existence de la significative de la tendance (H1), au seuil choisi (Kanga K.H.M. et *al*., 2023).
D'un point de vue pratique, les tests furent appliqués en s'appuyant sur les fonctions existantes dans le logiciel Xlstat 2014 pour les tests de Mann-Kendall et de Pettitt.

2.2.4. Analyse des données d'entomologie (Aleurodes)

Pour évaluer le lien entre l'évolution des aleurodes et les paramètres climatiques, le test de corrélation de Pearson fut utilisé. La corrélation est la mise en relation de deux ou plusieurs variables. Elle sert à mesurer l'intensité de la relation. La démarche consiste à émettre des hypothèses. Soit H0 indique qu'il n'y a pas de relation entre les deux variables, IrI=0.

Soit H1 suppose qu'il y a une corrélation, les deux variables sont liées, IrI≠0. (Kanga K.H.M., 2016, p127). En effet, l'intensité de la relation est déterminée à partir du coefficient de corrélation (r). Le coefficient de corrélation de Pearson sert à caractériser une relation linéaire de positive ou négative. De ce fait, la valeur positive indique qu'il y a un lien direct entre les variables (les deux variables évoluent dans le même sens). Par contre, la valeur négative indique le lien inverse (les deux variables évoluent alors en sens inverse).

La matrice de corrélation de Pearson entre deux variables x et y est établie par la formule suivante : $$r_{xy} = \frac{COV(x;y)}{\sqrt{V(x)\ X\ V(y}}$$

La mesure de r est normalisée, elle est définie entre : -1 et 1 (Fofana K.R. S, et *al*., 2022, p.255-256).

Coefficient de corrélation (IrI)	Degré de relation
De 0 à 0,1	Aucun lien ou très faible
De 0,2 à 0,39	Lien faible
De 0,4 à 0,59	Lien modéré
De 0,6 à 0,79	Lien fort
0,8 et plus	Lien très fort

Tableau I : Méthode d'interprétation de la matrice de Pearson

Source : *FOFANA Kagnatié Rahimat-Samira, 2022*

3. RESULTATS

3.1 Détermination du régime pluviométrie par le coefficient d'Angot

L'analyse de la pluviométrie mensuelle de la sous-préfecture de Djébonoua de 1980 à 2020 par le coefficient d'Angot, révèle quatre (4) saisons. En effet, ces quatre saisons révélées se répartissent en deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La première saison pluvieuse part du mois de Mars au mois de Juillet : c'est la grande saison de pluies, elle dure cinq mois. La deuxième saison pluvieuse dure deux mois. Elle débute au mois de Septembre et prend fin au mois d'Octobre : c'est la petite saison de pluies. Pour ce qui concerne les saisons sèches, la grande saison sèche commence au mois de Novembre pour prendre fin au mois de Février, soit une durée de quatre mois. Et la petite saison sèche quant à elle concerne seulement le mois d'août. En résumé, deux maxima sont constatés, un au mois de juin et l'autre en octobre. Il s'agit donc d'un régime pluviométrique de type bimodal accentué caractérisé par deux (2) saisons pluvieuses (une grande et une petite saison pluvieuse) et deux 2 saisons sèches (une grande et une petite saison sèche).

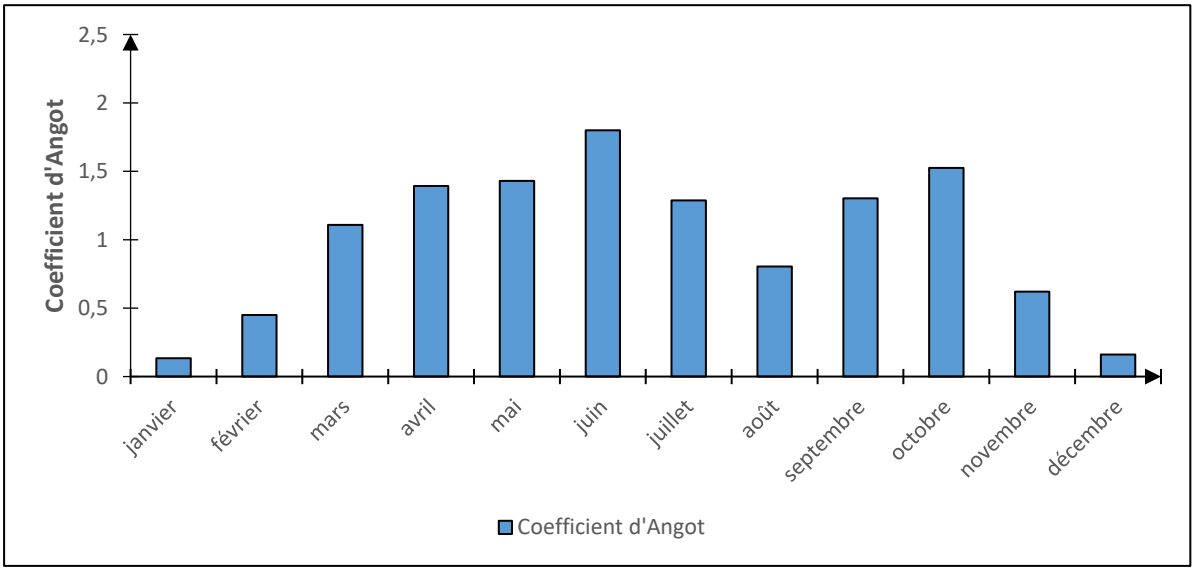


Figure 2 : Régime pluviométrique dans la sous-préfecture de Djébonoua

Source *: Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023*

3.2. Étude de la stationnarité interannuelle de la pluviométrie

3.2.1. Analyse de l'homogénéité de la série avec le test de Pettitt : une série pluviométrique sans rupture

Le test d'homogénéité de Pettitt permet de détecter la présence de rupture dans une série. Pour cette étude, les résultats du test présentés dans le tableau II, montre une absence de rupture.

Tableau II : Résultat du test de Pettitt appliqué à la pluviométrie

Q	174,0000
T	1991
***P-Value* (bilatérale)**	0,0992
Alpha	0,05

Source : *Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023*

Étant donné que la *p-value* (0,0992) calculée est supérieure au niveau de signification seuil *alpha*=0,05, ainsi, le test de Pettitt conclu alors qu'il n'existe pas de rupture dans la série pluviométrique. On peut de donc affirmer que les données sont homogènes comme le montre le graphique 3.

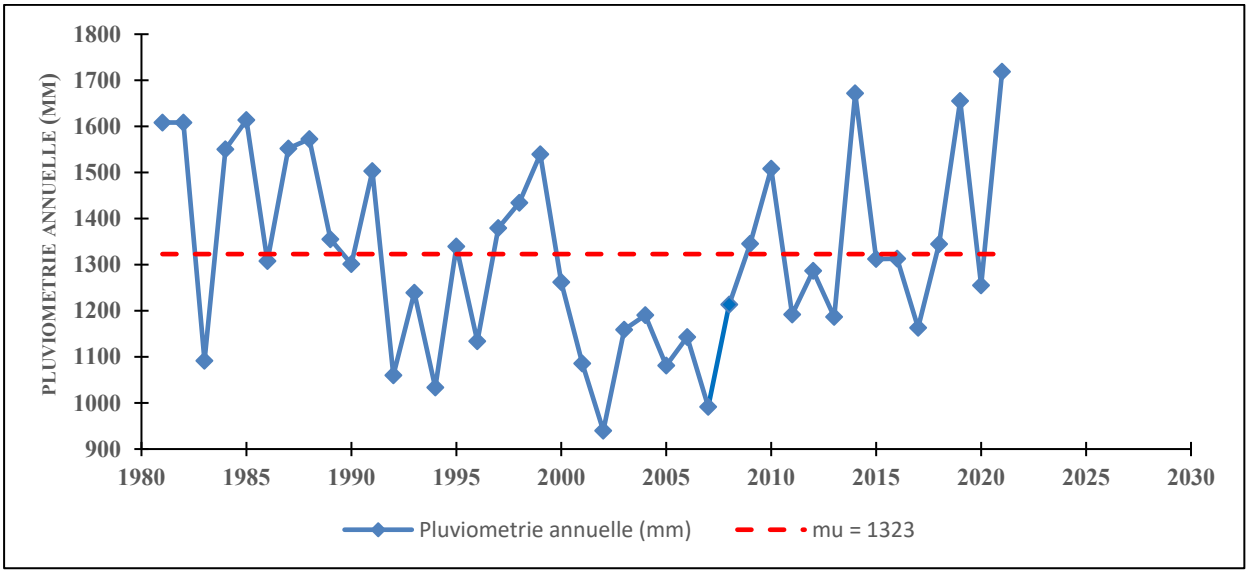


Figure 1 : Résultat du test de Pettitt appliqué à la série pluviométrique de 1980 à 2020
Source *: https://power.larc.nasa.gov, 2022*

3.2.2. Analyse de la tendance pluviométrique de la série avec le test de Mann-Kendall : une tendance pluviométrique à la baisse non significative

La droite de régression linéaire (Y = -1,9614x + 5247, 8) du graphique 4 montre une tendance à la baisse de la pluviométrie dans la sous-préfecture de Djébonoua de 1980 à 2020. En réalité, le coefficient directeur de la droite d'équation présente une diminution moyenne de 1.9 soit 2 mm par an sur la série chronologique comme l'indique l'allure de la courbe de tendance.

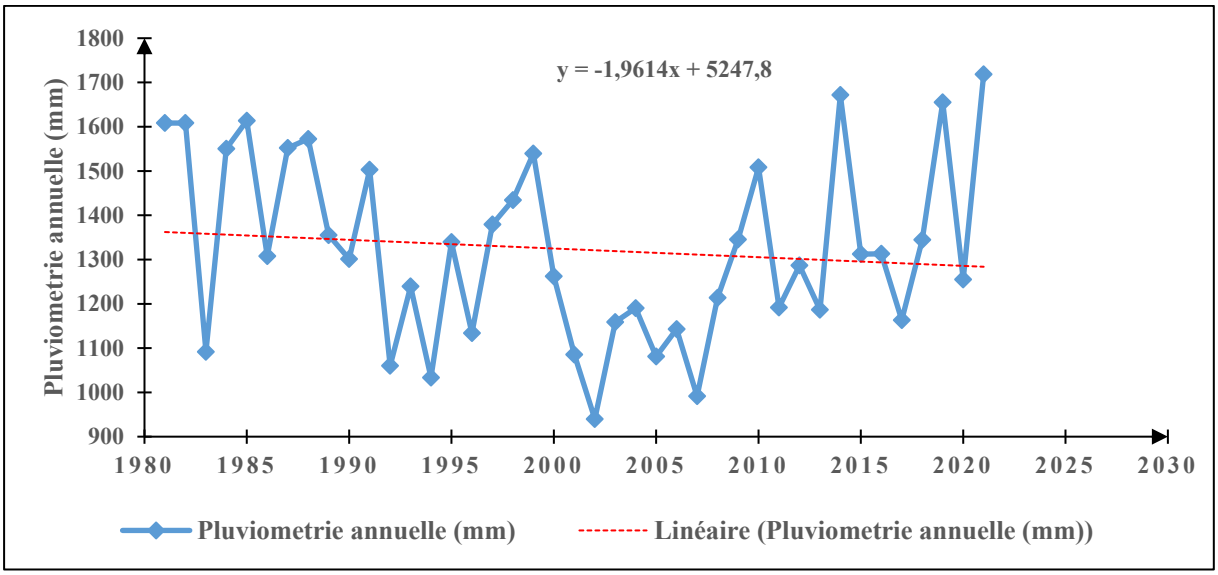


Figure 4 : Evolution pluviométrique de 1980 à 2021 dans la sous-préfecture de Djébonoua
***Source** : https://power.larc.nasa.gov, 2022*

Quant à la significativité de cette tendance pluviométrique le test de Mann-Kendall fut utilisé. Les résultats sont consignés dans le tableau 3. La *p-Value* (p= 0,4722) est supérieure au niveau de signification du seuil alpha (0,05), la tendance est donc non significative Tableau III.

Tau de Kendall	-0,0793
S	-65,0000
Var(S)	7925,6667
P-Value (bilatérale)	0,4722
Alpha	0,05

Tableau III : Résultat du test de Mann-Kendall appliqué à la pluviométrie

***Source** : Traitement des données climatiques, 2022*

3.3. Analyse des données thermiques

3.3.1. Analyse de l'homogénéité de la série travers le test de Pettitt : une série thermique marquée par une rupture

Pour détecter la présence de rupture dans la série chronologique des températures dans la localité d'étude, le test d'homogénéité de Pettitt a été utilisé. Les résultats du test sont consignés dans le tableau IV.

K	250,0000
T	1993
P-Value (bilatérale)	0,0044
Alpha	0,05

Tableau IV : Résultat du test de Pettitt appliqué à la température
Source : Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023

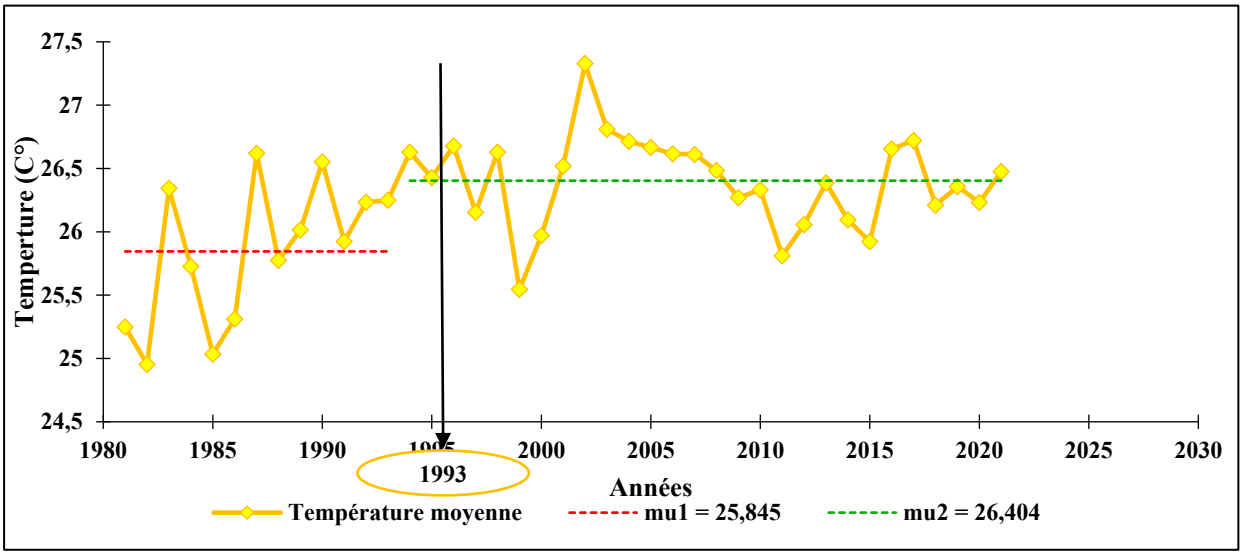


Figure 5 : Résultat du test de Pettitt appliqué à la série thermique de 1980 à 2020
Source : Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023

Étant donnée la *p-value* (0,0044) du test de Pettitt calculée est inférieure au niveau de signification du seuil alpha = 0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0 et retenir l'hypothèse alternative Ha qui sous-tend qu'il y a une date à partir de laquelle il y a un changement dans les données. Il y a donc une présence de rupture dans la série thermique dès l'année 1993 (Fig. 5).

3.3.2. Analyse de la tendance de la série thermique : une hausse thermique significative

La droite de régression linéaire (y=0.0236x - 21.026) du graphique 6 montre une tendance à la hausse de la température dans la sous-préfecture de Djébonoua de 1980 à 2020. En réalité, le coefficient directeur de la droite d'équation présente une hausse moyenne de 0,0236°C par an sur la série chronologique comme l'indique l'allure de la courbe de tendance (Fig.6).

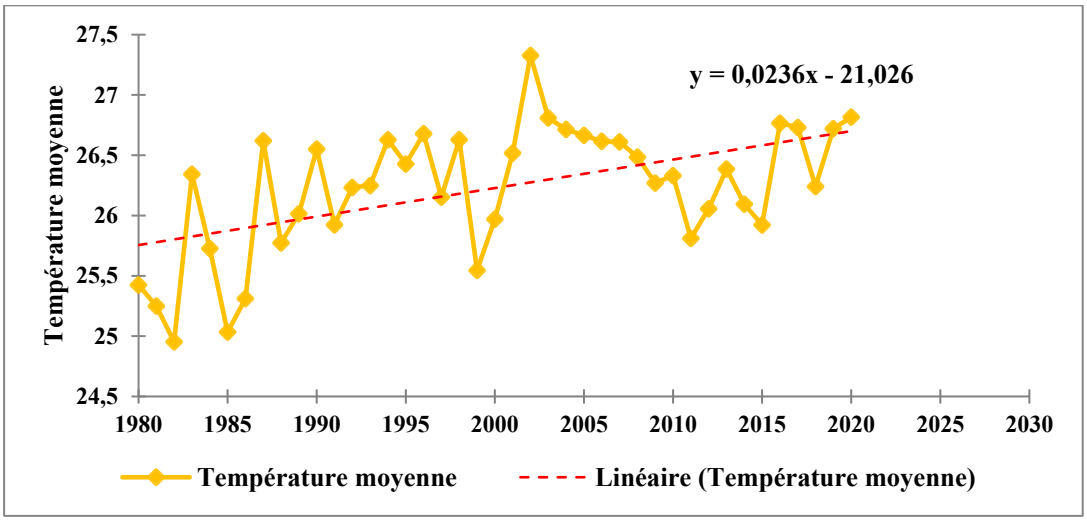


Figure 6 : Evolution thermique de 1980 à 2021 dans la sous-préfecture de Djébonoua
***Source** : Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023*

Concernant la significativité de cette tendance thermique, le test de Mann-Kendall fut utilisé. Les résultats sont consignés dans le tableau V.

Tau de Kendall	0,3439
S	282,0000
Var(S)	0,0000
P-Value (bilatérale)	0,0013
Alpha	0,05

Tableau V : Résultat du test de Maan-Kendall appliqué à la température

Source : Traitement des données climatiques, KANGA K.H.M., 2023

A l'analyse du tableau 5, la *p-value* (0,0013) calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit donc rejeter l'hypothèse nulle H0 et retenir l'hypothèse alternative Ha qui indique qu'il existe une tendance dans la série et celle-ci est significative.

3.4. Une pullulation inégalement répartit entre la population adulte et enfant des aleurodes

Les données sur les aleurodes proviennent du Centre d'entomologie Médicale et Vétérinaire (CEMV). La collecte s'est faite sur plusieurs parcelles (50) témoins. De plus ces données concernent les nombres d'individu adultes et d'enfants sur chaque parcelle. Après traitement des données entomologiques, il y a lieu d'affirmer une forte prédominance observée des aleurodes enfants par rapport à la population adulte (Fig7).

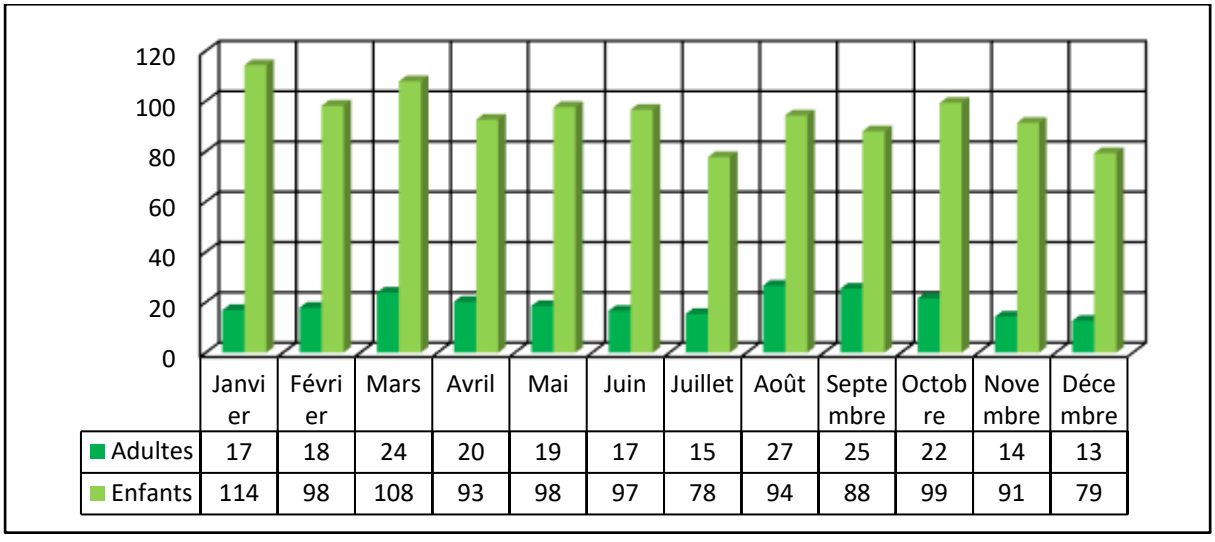


Figure 7 : Répartition mensuelle des aleurodes adultes et enfants

***Source** : CEMV, 2022*

En ce qui concerne les adultes, le nombre d'individus est relativement inférieur à 20 individus par parcelles dans l'ensemble excepté les mois de Mars, Aout, Septembre et Octobre où on an respectivement en moyenne 24, 27, 25 et 22 individus par parcelle.

Quant à la population enfant, elle est surpassée largement celle des adultes. Cette inégale répartition de la population des aleurodes peut s'expliquer par plusieurs facteurs. En effet, les aleurodes adultes ont une durée de vie relativement courte. À cela s'ajoute une capacité de reproduction très élevée. Ainsi, la femelle adulte peut pondre jusqu'à 600 œufs et en-dessous de 16 °C, l'aleurode enfant cesse de se développer. Or d'après les traitements de données thermiques, dans la sous-préfecture de Djébonoua, le minimal est 24°C.

3.5. Une tendance annuelle de la population des aleurodes à la hausse

L'analyse de l'équation de la droite de tendance $y = 149{,}2x + 920{,}32$ (Graphique 8) révèle une évolution à la hausse des aleurodes de 2016 à 2020. Selon l'équation de la droite, on observe une hausse annuelle de 149 individus par parcelles en moyenne.

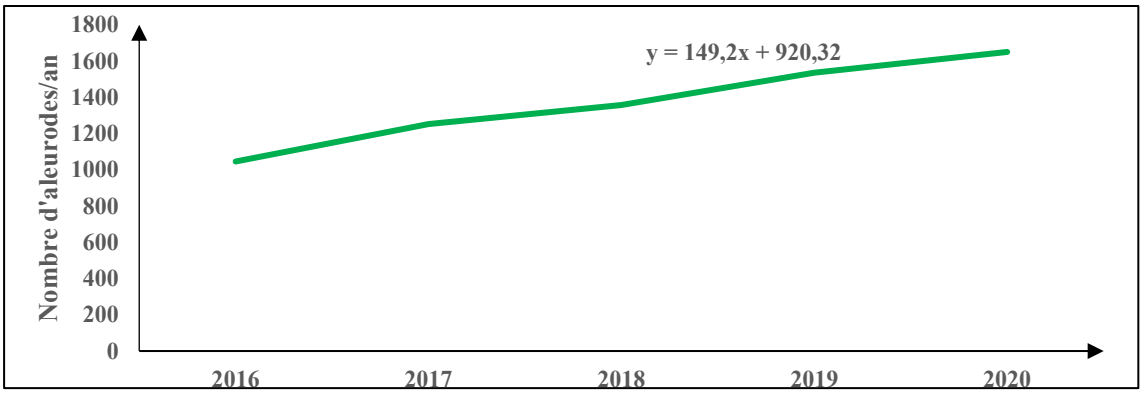


Figure 8 : Évolution annuelle des aleurodes de 2016 à 2020,
Source : *CEMV, 2022*

De plus, dans l'optique d'apprécier la significativité de cette évolution, un test de significativité a été applique à noter série. Il s'agit du test de tendance de Mann-Kendall dont les résultats se trouvent dans le tableau VI.

Tau de Kendall	1,0000
S	10,0000
Var(S)	0,0000
p-value (bilatérale)	0,0167
alpha	0,05

Tableau VI : *Résultats du test de tendance de Mann-Kendall appliqué à la température*
Source : Traitement des données, KANGA K.H.M., 2023

Étant donné que la *p-value* calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0 qui stipule qu'il n'existe pas de tendance dans la série, et retenir l'hypothèse alternative Ha selon il existe une tendance dans la série. De ce fait, l'évolution a la hausse des aleurodes de 2016 à 2020 est très significative.

3.6. Paramètres climatiques et évolutions des aleurodes

3.6.1. Une évolution des aleurodes influencée par les saisons pluviométriques

La graphique 9 montre l'évolution saisonnière des aleurodes au cours de la période 2016 à 2020.

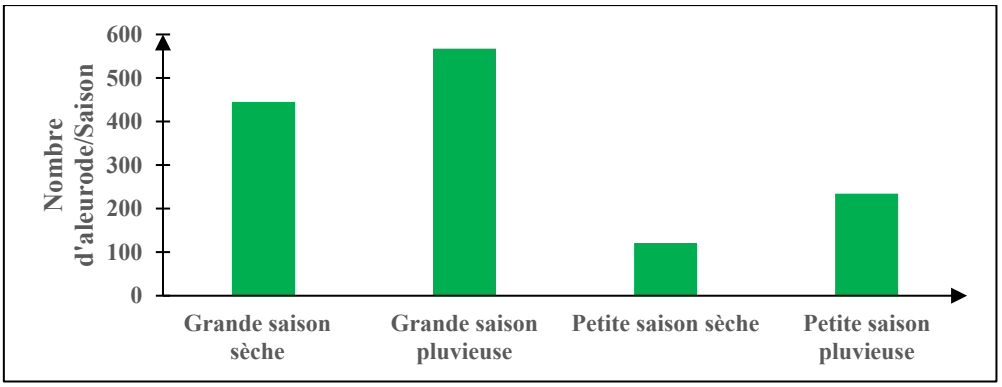


Figure 9 : Évolution saisonnière des aleurodes
Source : CEMV/ https://power.larc.nasa.gov, 2022

Ce graphique nous a permis d'analyser l'évolution des aleurodes en fonction des quatre saisons climatiques de notre zone d'étude. Il ressort, de l'analyse du graphique 9 que pendant la grande saison pluvieuse, on a un nombre élevé d'aleurodes avec un total de 567 individus. Elle est suivie par la grande saison sèche en matière de nombre (445). Dans l'ensemble, pendant les saisons pluvieuses, (grande ou petite), le nombre des aleurodes est élevé comparé aux saisons sèches. Cette situation pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs notamment les saisons pluvieuses sont les périodes de développement de la végétation, hôte de ces ravageurs. Parallèlement, les saisons pluvieuses correspondent aux périodes culturales.

3.6.2. Une évolution des aleurodes influencée par la température

L'incidence de la température mensuelle sur l'évolution des aleurodes de 2016 à 2020 a pour but d'apprécier l'évolution des aleurodes bien évidemment en fonction de la température. L'équation de droite de la température mensuelle (y=-0.2094x + 28.035) indique une baisse de la température de 0.20°C par mois. De même, l'équation de droite des aleurodes (y= -2.119x +127.72) avec un coefficient directeur négatif indique aussi une régression des aleurodes par mois comme le montre le graphique de la figure10. Cela montre que ces deux variables évoluent dans le même sens. Mais pour plus de précision un test de corrélation a été réalisé.

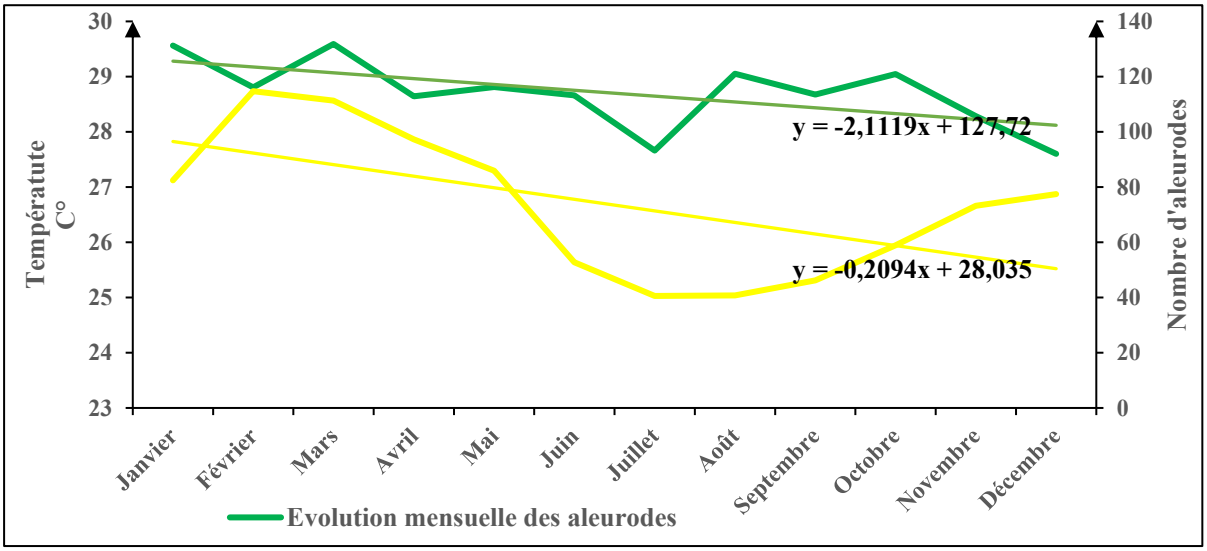


Figure 10 : Évolution mensuelle de la température et des aleurodes

***Source** : Traitement des données, KANGA K.H.M., 2023*

L'incidence de la température annuelle sur l'évolution annuelle des aleurodes est aussi observée à travers la Figure 11. Les coefficients directeurs des droites d'équation de température (Y= 0.0074x+ 26.65) et d'aleurodes (Y=149.2x + 920.32) annuelles sont positifs et cela traduit une hausse des deux variables (température et nombre d'aleurodes). Mais pour plus de précision un test de corrélation a été réalisé.

3.6.3. Corrélation entre l'évolution des paramètres climatiques et la population des aleurodes au profit de la température

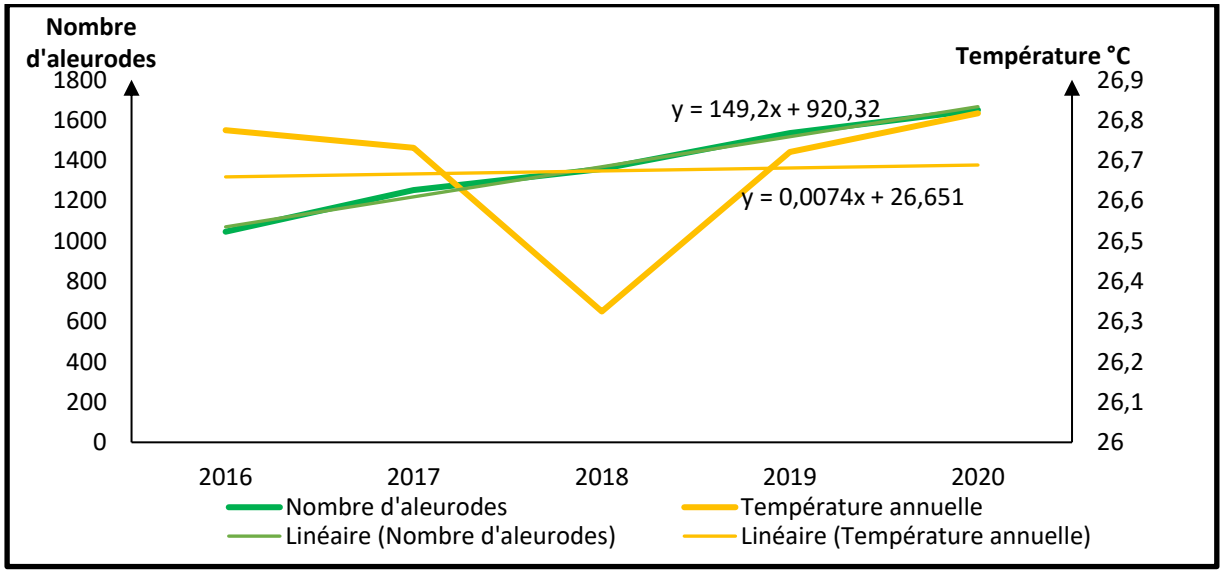


Figure 11 : Évolution annuelle de la température et des aleurodes de 2016 à 2020

***Source** : Traitement des données, KANGA K.H.M., 2023*

La mise en relation de la population annuelle des aleurodes et la pluviométrie moyenne annuelle révèle une corrélation de 0,32 au seuil de significativité de 5% (tableau 7). Cela indique que 32% de l'évolution du nombre d'aleurodes est dû à la pluviométrie. La valeur positive indique une évolution dans le même sens des deux variables. Cela veut dire quand la pluviométrie augmente le nombre d'aleurodes augmente aussi et vice-versa. Toutefois le lien qui existe entre ces deux variables est faible. La relation entre la population annuelle des aleurodes et la température moyenne annuelle met en évidence l'existence d'un lien modéré entre les deux variables ; en raison d'un coefficient de corrélation 0,53 comme le montre le tableau 7. Cela indique que 53% de l'évolution du nombre d'aleurodes est dû à la température. Cette relation est positive, indique une évolution dans le même sens pour ces deux variables. Quand la température augmente, le nombre d'aleurodes augmente aussi.

Matrice de corrélation (Pearson)			
Variables	Aleurodes	Température	Pluviométrie
Aleurodes	**1**	0,53	0,32
Température	0,53	**1**	-0,19
Pluviométrie	0,32	-0,19	**1**

Tableau VII : Corrélation entre la population des aleurodes et les paramètres climatiques
Source : Traitement des données, KANGA K.H.M., 2023

3.6.4. La température favorable au développement des aleurodes

Le tableau 8 présente les conditions thermiques favorables et de défavorables au développement des aleurodes. Les aleurodes ne peuvent pas survivre sous une température variant de 0 à 18°C et au-delà de 35°C. Ces intervalles de température sont appelées températures létales car elles se présentent comme nocives à leur prolifération. Cependant, les températures comprises entre 20 et 30 se pressentent comme favorables d'où l'expression condition optimale. Par ailleurs, il faut noter que les températures moyennes, minimales et maximales observées dans la sous-préfecture de Djébonoua qui sont respectivement 26, 25 et 27°C sont comprise dans l'intervalle de la température optimale.

Température létale	*0 - - 0 à 18°C* *- Plus de 35°C*
Température optimale	*- 20 à 30°C*

Tableau VIII : Condition thermique de développement des aleurodes
***Source** : Bulletin national d'information et de liaison du PNTTA, 2000*

4. DISCUSSION

L'analyse l'évolution des paramètres climatiques dans la sous-préfecture de Djébonoua a pour but principal de montrer l'évolution de la température ainsi que de la pluviométrie. Cette analyse présente deux résultats. D'une part, la pluviométrie connaît une variation. Cette variation est caractérisée par une baisse de celle-ci. En effet, l'indice de Nicholson appliqué à notre étude qui a pour rôle d'analyser les fluctuations interannuelles de la pluviométrie ou encore le comportement des quantités de pluie tombées dans une série chronologique, révèle une situation pluviométrique relativement instable de la zone d'étude. Sur 41 années, nous avons 23 années déficitaires soit une proportion de 56,10 %. Ce résultat est en accord avec les conclusions de nombreuses études notamment Kouassi A. et *al.,* (2010, p. 52) qui, ont conclus à travers leur étude « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire » une baisse de la tendance pluviométrique de façon générale en Côte d'Ivoire. Ainsi que ceux de Yapi A. et *al*., (2020, p.87) dans « Modélisation des extrêmes climatiques de la région de la Marahoué à partir d'un générateur stochastique de temps mono-site (Weagets) ». Études dans laquelle ils démontrent une baisse de tous les indices de précipitations. En ce qui concerne la température, le constat n'est pas le même. En effet, la température, connait une évolution à la hausse dans la sous-préfecture de Djébonoua progressive dans son ensemble. Ces résultats, sont en accord avec ceux de nombreux auteurs qui ont étudié la question relative à la température. Il s'agit de Afouda F. et *al*, (2013, p.313) et Yao N. (2013, p.7) qui fait le constat d'une hausse significative de la température dans son étude portant sur la vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques.

La deuxième partie des résultats montre l'impact de paramètres climatiques (pluviométrie et température) sur l'évolution des aleurodes de 2016 à 2020 dans la sous-préfecture de Djébonoua. En effet, sur cette période, on observe une augmentation sinon une prolifération des aleurodes dans ladite sous-préfecture. Par ailleurs, il a été démontré que ces paramètres climatiques influencent la prolifération des aleurodes différemment. Bien que le poids de la pluviométrie reste faible, la température quant à elle, agit comme un catalyseur dans leur développement surtout dans leur cycle biologique. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études menées par différents auteurs sur ces insectes. Il s'agit de Selvaraj S. et Ramesh V., (2012, p.60) à travers leur étude intitulé « Abondance saisonnière de la mouche blanche, *bemisia tabaci Gaennadius* et leur relation avec les paramètres météorologiques en coton », qui évoque l'influence de la température sur le développement de la population des aleurodes. A ces derniers, s'ajoute Moiroux J.et *al*., (2014, p.7) et Siou D., (2013, p.105). De plus, N'Zi J.C. et *al,*. (2019, p.341), dans leur étude « Influence de quelques

paramètres climatiques sur les effectifs de *Bemisia tabaci* (mouche blanche) sur la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) » évoquent le rôle de pluviométrie dans le développement ou la prolifération des aleurodes. En effet, ces auteurs évoquent la pluviométrie comme un facteur de diminution de la population des aleurodes. Selvaraj S. et Ramesh V., (2012, p.63) sont également allés dans le même sens.

CONCLUSION

En somme, les différentes méthodes utilisées nous ont permis de montrer une tendance à la hausse des aleurodes dans la sous-préfecture de Djébonoua. De plus, l'analyse saisonnière révèle une prolifération importante des aleurodes durant les saisons pluvieuses plutôt que lors des saisons sèches. Par ailleurs, on observe qu'il existe un lien entre l'évolution des aleurodes, la pluviométrie et la température. Cependant, ce lien qui existe entre l'évolution des aleurodes et la pluviométrie est faible. Ce qui montre que la pluviométrie impacte faiblement la prolifération des aleurodes. Par contre, concernant la température, elle participe fortement à la profération des aleurodes. Malgré, ce lien prouvé ces paramètres, seuls, n'expliquent pas l'évolution des aleurodes dans la sous-préfecture de Djébonoua. Ainsi, pour affiner ces résultats, il faudrait recourir à des données entomologiques couvrant des périodes beaucoup plus longues, une analyse mutltifactorielle pourrait être aussi menée.

BIBLIOGRAPHIE

Aetiba John, **Osekre Enoch**, 2015, « Évaluation sur le terrain de l'insecticide Levo Botanical pour la lutte contre les insectes ravageurs de l'aubergine *(Solanum melongena L.) »*, *in Journal of Expérimental Agriculture International, DOI: 10.9734/AJEA/2015/17111*, pp. 61-67.

Afouda Fulgence, Boko Michel, Vissin Expédit, 2013, « Climat agriculture ressources en eau d'hier à demain », *XXVIème Colloque International Association Internationale de Climatologie, ISSN : 1840-5452 ISBN-10 : 99919-58-64-9*, 514 p.

Avenard Jean-Michel, 1971, « Aspects de la géomorphologie », *in Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire , Mémoire ORSTOM, No 20, Paris*, 247 p.

Bernard Frédéric, 2012, « *Le développement des champignons pathogènes foliaires répond à la température, mais à quelle température?* », Thèse de Doctorat en Agronomie. AgroParisTech, 145 p.

Bognini Siégnounou, 2011, *Impacts des changements climatiques sur les cultures maraîchères au nord du Burkina Faso : cas de Ouahigouya*, Réseau National des Agro-sylvo-pasteurs du Faso (RENAF), 38 p.

Dabin Bernard, Leneuf Noël et Riou Gérard, 1960, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1-2.000.800, publiée par *le secrétariat d'État à l'agriculture direction des sols*, 39 p.

Didi Gouzou Juste Roland, Kone Pitou Woklin Euloge, Ochou Germain Élisabeth Cynthia, Dekoula Sekpa Charles, Kouakou Malanno, Bini Kouadio Kra Norbert, Saraka Yao Martial Didier, Dagnogo Mamadou, 2018, « Évolution spatio-temporelle des infestations de la mouche blanche *Bemisia tabaci (Gennadius, 1889)* associées à la culture cotonnière en Côte d'Ivoire », *in Journal of Applied Biosciences ISSN 1997-5902*, pp 12202-12210.

Kagnatié Rahimat-Samira Fofana, Zamble Armand Tra-Bi, Herman Kanga, 2022, « La télédétection au service de la cotonculture à Sarhala (centre-nord de la Côte d'Ivoire) », *in PASRES Edition, Actes de la journée d'étude,* pp. 253-262.

Journées de conférences et d'échanges, 2021, « Santé des plantes : mieux les protéger dans leur environnement », *Publication de la Société Nationale d'Horticulture de France • 84, rue de Grenelle 75007 Paris 01 44 39 78 78* • info@snhf.org • www.snhf.org, 48 p.

Kanga Kouakou Hermann Michel, 2016, « *Sécheresse et vulnérabilité socio-spatiale dans le « Quart Nord-Est » de la Côte d'Ivoire* », Thèse de doctorat de géographie, Université Alassane OUATTARA, Bouaké, 347 p.

Kanga Kouakou Hermann Michel, Diomande Béh Ibrahim, Kodjo Aka Jean-Eudes Et Tra Bi Zamblé Armand, 2023, « Eutrophisation des lacs dans la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : entre facteurs climatiques et humains », *in Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes, Numéro 14 Juin 2023,* pp. 22-39.

Kouassi Amani Michel, Koffi Fernand Kouamé, Yao Blaise Koffi, Djè Kouakou Bernard, Paturel Jean Emmanuel Et Oulare Sekouba, 2010, « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Cybergeo: European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, 57p.

Moiroux Joffrey, Gaétan Bourgeois, Guy Boivin, Jacques Brodeur, 2014, « Impact du réchauffement climatique sur le synchronisme entre les ravageurs des cultures et leurs ennemis naturels: calcul d'un indice de risque d'altération », *Feuillet technique Ouranos, Projet 550005- 103*, Québec, Canada, 7 p.

N'zi Jean-Claude, Kouamé Christophe, N'guetta Assanvo Simon-Pierre, 2019, « Influence de quelques paramètres climatiques sur les effectifs de *Bemisia tabaci* sur la tomate *(Solanum lycopersicum L.*), *in Int. J. Biol. Chem, February 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991- 8631 (Print)*, pp. 340-343.

Sallam Khalid, 2008, « Effet du processus de marinage sur la qualité microbiologique du balaou du Pacifique (*Cololabis saira*) pendant le stockage sous vide à 4°C », *in Journal international des sciences et technologies alimentaires,* pp. 220-228.

Selvaraj Sudhakar, Ramesh, 2012, « Abondance saisonnière de la mouche blanche, bemisia tabaci Gaennadius et leur relation avec les paramètres météorologiques en coton », *in Journal international des sciences alimentaires, agricoles et vétérinaires, ISSN : 2277-209X http:// www.cibtech.org/ jfav.htm 2012 Vol. 2,* pp. 57-63

Siapo Yao Martin, Tahiri Annick, Ano Ehui Joachim, Diby Yao Kan Seraphin, 2018, «Évaluation Des Pratiques Phytosanitaires Paysannes Dans Les Vergers De Cacao

Dans Le Département De Daloa, Côte d'Ivoire », *in European Scientific Journal November 2018 edition Vol.14*, 280 p.

Siou Dorothée, 2013, « Développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe fusarien », Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud 11, 198 p.

Yao N'Guettia Réné, 2013, « Étude de vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques en Côte d'Ivoire », Côte d'Ivoire, PNUD et RCI, 105 p.

Yapi Assa Fabrice, N'guessan Bi Vami Hermann, Oga Yeï Marie Solange, Kpan Oulaï Jean Gautier, Allechy Fabrice Blanchard, Biemi Jean, 2020, « Modélisation Des Extrêmes Climatiques De La Région De La Marahoué À Partir D'un Générateur Stochastique De Temps Mono-Site (Weagets) », *in European Scientific Journal, ESJ, edition Vol.16 No.36,* pp 81-91.