



ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ SPATIALE DE LA PLUVIOMÉTRIE PAR LA MÉTHODE GÉOSTATISTIQUE ET IDW (Inverse Distance Weighted) AU CENTRE-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

STUDY OF THE SPATIAL VARIABILITY OF PLUVIOMETRY BY GEOSTATISTIC METHOD AND IDW (INverse Distance Weighted) IN THE CENTER-WEST OF COTE D'IVOIRE

| Derving Baka * | Monsia Jean-Claude Kpampou | Ernest Kouassi Ahoussi | D'avilla Anne Apo Agoua | and | Teti Prince Takpa |

Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY | UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières | Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau de de l'Environnement | Abidjan | Côte d'Ivoire |

| Received 15 July 2019 |

| Accepted 18 August 2019 |

| Published 22 August 2019 |

| ID Article | Derving-Ref.2-ajira140819 |

RESUME

Introduction : Ces dernières décennies ont été marquées par une variabilité importante de la pluviométrie alors qu'elle conditionne la disponibilité en eau et des produits agricoles en Afrique. La répartition spatiale des pluviographes est irrégulière et large. La nécessité de faire une bonne estimation des intensités de précipitation intégrées dans l'espace s'impose. **Objectif :** Ce travail se propose de présenter une méthode fiable qui permettra de faire des estimations plus précises. **Méthodes :** La pluviométrie (1940-2000) du Centre Ouest de la Côte d'Ivoire a été interpolée par la méthode IDW et le krigeage ordinaire afin d'y étudier la variabilité spatiale d'en extraire la méthode adéquate. **Résultat :** L'interpolation via la méthode IDW et par krigeage ordinaire indique une variation de la pluviométrie d'une zone à une autre. Les deux méthodes d'interpolation, montrent que la dispersion garde à peu près la même répartition spatiale. Mais la validation croisée des deux méthodes montre que la racine carrée de l'erreur quadratique (RMSE pour *Root Mean Squared Error*) et la moyenne des erreurs est de {1,69 mm et RMSE = 63.04 mm} pour le krigeage ordinaire contre {21,46mm, RMSE=82,75mm} pour l'IDW. Le krigeage ordinaire présentant les plus faibles erreurs d'interpolation est la méthode idéale pour l'interpolation de la pluviométrie. **Conclusion :** Les hauteurs pluviométriques varient de 1337 à 1369 mm. Le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire tend vers un stress hydrique.

Mots-clés : *Interpolation, krigeage ordinaire, Statistique, validation croisée, Gagnoa*

ABSTRACT

These last decades have been marked by a significant variability in rainfall. While conditioning the availability of water and agricultural products in Africa. The spatial distribution of pluviographs is irregular and wide. The need to make a good estimate of precipitation intensities integrated in time and space is essential. This work proposes to present a reliable method that will allow to make more accurate estimates. As such, rainfall (1940-200) in western central Côte d'Ivoire was interpolated using the IDW method and Ordinary kriging to study spatial variability and to extract the appropriate method. The interpolation via the IDW method and by Ordinary kriging indicates a variation of the rainfall from one zone to another. The two interpolation methods show that the dispersion keeps about the same spatial distribution. But the cross-validation of the two methods shows that the square root of the RMSE for Root Mean Squared Error and the mean of the errors is 1.69mm and RMSE = 63,04mm for Regular Kriging against 21,46mm and RMSE = 82,75mm for the IDW. Ordinary kriging with the smallest interpolation errors is the ideal method for interpolation of rainfall. Rainfall range from 1337 to 1369 mm. Central West Côte d'Ivoire is moving towards water stress.

Key word: *Interpolation, Ordinar Kriging, Statistic, Cross Validation, Gagnoa*

1. INTRODUCTION

Le régime des précipitations et plus particulièrement de la pluviométrie est le facteur principal de la productivité dans les pays en voie de développement. Elle conditionne la disponibilité en eau et des produits agricoles en Afrique. Or, depuis ces dernières décennies, la Côte d'Ivoire, comme l'ensemble des pays de l'Afrique de l'Ouest, connaît une forte variabilité climatique. Celle-ci se manifeste par une modification du régime des précipitations et par une diminution des hauteurs annuelles de pluie [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Face à la demande accrue d'information détaillée et fiable sur l'évolution de ce paramètre, la modélisation spatiale constitue un élément fondamental de la chaîne d'outils de gestion de la ressource en eau. Les méthodes d'interpolation sont de plus en plus nombreuses, et ce dans des domaines variés, notamment en hydrogéologie où l'information disponible se résume souvent à des données directes et ponctuelles, obtenues *in situ* à partir de sondages, et à des données indirectes, de type géophysique ou autres, qui ne renseignent pas directement sur les propriétés mais présentent certaines corrélations avec elles [7]. L'interpolation spatiale de données de précipitations est une problématique sur laquelle un bon nombre de chercheurs se sont penchés. Les techniques qui semblent les plus fréquemment utilisées en pratique sont les méthodes barycentriques d'inverse de la distance et les techniques classiques de Krigeage tel que le Krigeage Ordinaire [8]. L'étude vise à d'étudier la performance des méthodes d'interpolation

déterministe (inverse distance) et probabiliste (géostatistique) dans la cartographie de la variation spatio-temporelle de la pluviométrie au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire afin de trouver la méthode adéquate qui permet de faire l'interpolation des valeurs pluviométriques sans biais.

Cadre général de la zone d'étude

Situé entre 5°9' et 6°39' de latitude Nord et 4°55' et 6°25' de longitude Ouest, la zone d'étude se trouve au Centre-Ouest du pays, où elle jouxte 5 districts de la Côte d'Ivoire (figure 1). La zone d'étude compte deux régions administratives (la région du Gôh et la région du Lôh-Djiboua), qui regroupent une population estimée à 1,6 Million d'habitants en 2014. Le climat de la zone d'étude est du type équatorial de transition avec un réseau hydrographique dense. La végétation originelle était une forêt dense humide semidécidue [9]. À la place de cette végétation, se dresse aujourd'hui une mosaïque de lambeaux forestiers, des jachères, et des plantations [10].

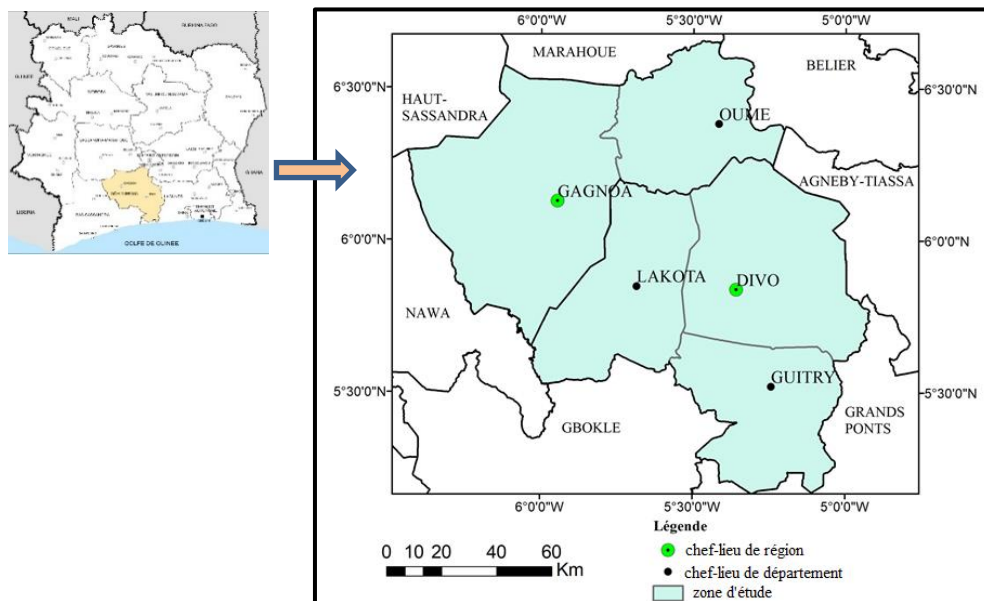


Figure 1: la figure montre la localisation de la zone d'étude.

2. MATERIELS AND METHODES

2.1. Données et matériel de traitement

Nous disposons pour cette étude de donnée pluviométrique de 5 localités. Il s'agit des localités de Gagnoa, Oumé, Guitry, Lakota et Divo. Ces données ont été obtenues auprès de la SODEXAM sous forme de cumul annuelle. Elles couvrent une période de 1940 à 2000.

Le traitement des données a été réalisé par des logiciels spécialisés que sont :

- STATISTICA 5.0 qui ont servi à l'étude statistique
- ArcGIS qui a permis de faire l'interpolation des données et produire les cartes présentes dans les résultats.

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Statistique descriptive : Cette étape a consisté à déterminer quelques paramètres statistiques (statistique univariée) pour étudier la pluviométrie sur la zone d'étude, et voir la distribution de ce paramètre climatique. Les paramètres statistiques déterminés sont :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{La moyenne} \quad (1)$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{La variance} \quad (2)$$

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad \text{L'écart-type} \quad (3)$$

Avec :

n=nombre de valeurs observées

x= valeurs observées

Ils ont permis de calculer le coefficient de variation pour expliquer l'homogénéité de la pluviométrie annuelle. En plus le coefficient d'irrégularité (rapport du module de l'année la plus humide PM, a celui de l'année la plus sèche Pm) a été déterminé pour étudier l'irrégularité interannuelle des hauteurs pluviométrique dans la zone d'étude.

2.2.2. Krigeage : La technique du krigeage repose en grande partie sur la théorie statistique des variables aléatoires. Le krigeage utilise le semi-variogramme (communément appelé variogramme) pour assigner les poids aux points d'observation pendant le processus d'interpolation. Le semi-variogramme ($\gamma(h)$) est exprimé par l'équation :

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i+h) - Z(x_i)]^2}{2N(h)} \quad (4)$$

Z est la variable à interpoler ;

N(h) est le nombre de couples de points x_i où la valeur de **Z** est connue, séparés d'une distance h ou proche de h .

Lorsque les données sont abondantes, la plupart des techniques d'interpolation donnent des résultats similaires, mais quand il y a un manque de données dans le cas échéant, le choix de la méthode et de ses paramètres peut être crucial si l'on veut éviter de faux résultats [11]. C'est le cas pour les pays africains, où les stations météorologiques ne sont pas nombreuses. Les méthodes géostatistiques du type krigeage, tentent d'optimiser l'interpolation en utilisant le variogramme pour calculer les poids des échantillons. Il existe plusieurs méthodes de krigeage parmi lesquelles nous avons utilisé le krigeage ordinaire.

2.2.3. Krigeage ordinaire : Le krigeage ordinaire est une méthode qui a été introduite pour pallier le krigeage simple, qui stipule que l'espérance de la fonction aléatoire **Z** (x) soit connue. Ainsi cette méthode a donc été généralisée pour être appliquée dans le cas où l'espérance est inconnue et constante localement, c'est-à-dire sur le voisinage de krigeage. Cette technique de krigeage est la plus fréquemment utilisée.

La modélisation de la fonction d'intérêt **Z**(.) de cette technique est :

$$\mathbf{Z}(\mathbf{s}) = \mu + d(\mathbf{s})$$

$$\forall \mathbf{s} \in D$$

Où : μ est une constante inconnue

d (.) est la fonction aléatoire SI-0 d'espérance nulle et de structure de dépendance connue.

On note :

Γ : la matrice $n_0 \times n_0$ dont l'élément (i . j) de $\det \gamma(S_i, S_j)$

γ_0 : le vecteur $n_0 \times 1$ dont l'élément i est $\gamma(S_i - S_0)$

Le modèle s'écrit alors :

$$\mathbf{Z}^* = \mu \mathbf{1} (n_0+1) + \delta^* \text{ tel que } \begin{aligned} \mu &= \text{cste inconnu} \\ E(\delta^*) &= 0 \\ \Gamma \text{ et } \gamma_0 &\text{ connu} \end{aligned} \quad (5)$$

2.2.4. Méthode Inverse Distance Weighted (IDW)

Cette méthode est souvent désignée dans la littérature par l'acronyme IDW (Inverse Distance Weighted). Elle se base sur le principe que, pour une même variable, l'influence relative d'un point d'observation diminue avec la distance qui le sépare du point de l'espace dont on veut estimer la valeur [12]. On calcule la moyenne des mesures des points d'observation environnants (stations climatiques, dans notre cas), avec un poids plus important donné aux points les plus proches. La valeur prédite pour un point de l'espace est :

$$Z = [\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^k}] / [\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^k}] \quad (6)$$

Avec :

Z = la variable estimée ;

Z_i = la valeur connue au point de mesure **i** ;

d = la distance entre le point de valeur inconnue et le point de mesure **i** ;

N = est le nombre de sites utilisés pour l'interpolation ;

k = la puissance à laquelle est élevée la distance.

Dans la plupart des cas $k = 2$. Toutefois, il peut être pertinent d'utiliser d'autres valeurs de k , en fonction du pas de temps étudié. Il semble que pour la pluie, notamment, la meilleure valeur de k pour les cumuls annuels est inférieure à 1,5 [13].

2.2.5. Validation croisée et comparaison des méthodes

La validation croisée permet de comparer les valeurs mesurées aux valeurs interpolées en utilisant uniquement les informations disponibles dans l'ensemble de données d'échantillonnage. Elle peut aider à choisir entre différentes procédures de pondération, entre différentes stratégies de recherche, ou entre différentes méthodes d'estimation. Elle permet aussi de comparer la performance de différents modèles afin de sélectionner celui susceptible de mener aux meilleures prévisions [8]. Cette méthode, largement utilisée en climatologie, consiste à retirer une des stations climatiques du jeu de données. Le modèle d'interpolation est construit à partir des stations restantes. La valeur interpolée au point (station climatique) préalablement exclu du jeu de données est comparée au cumul enregistré à ce point. La différence entre cumul de pluie interpolé et cumul de pluie mesuré est considérée comme l'erreur d'interpolation. Cette procédure est fréquemment utilisée dans le domaine de l'hydrologie pour tester la performance prédictive de méthodes d'interpolation [14]; [15].

L'évaluation des performances des méthodes d'interpolation est réalisée avec des indices différents, selon les auteurs. Parmi les indices les plus souvent utilisés, ceux qui nous serviront de paramètres de comparaison sont :

- **le Biais** qui est la moyenne des erreurs de spatialisation.
- **la racine carrée de l'erreur moyenne quadratique** (RMSE pour *Root Mean Squared Error*) qui est la racine carrée de la somme des différentes erreurs de spatialisation élevées au carré. La RMSE est une mesure globale de la précision des techniques de spatialisation, car elle intègre à la fois l'erreur systématique et la dispersion statistique des erreurs de spatialisation.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z^* - Z)^2}{N}} \quad (7)$$

Où Z est la valeur observée, Z^* est la valeur prédite, et N est le nombre total d'observations de test. La figure 2 nous présente l'organigramme de la démarche suivie pour mener cette étude.

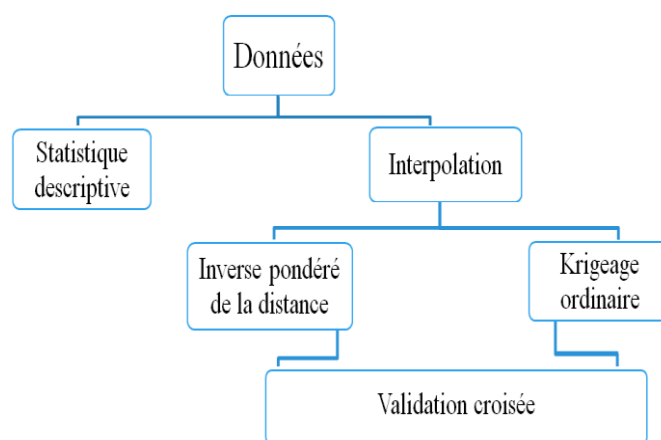


Figure 2 : Organigramme présentant la démarche d'étude.

3. RESULTS

3.1. Résultats

Les paramètres statistiques obtenus sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Le tableau montre les analyses statistiques de données de la pluviométrie moyenne annuelle.

Paramètres statistiques	Pluviométrie (mm)
Moyenne	1348,10
Minimum	850,08
Maximum	2049,24
variance	61473,38
Ecart-type	246,87
Coefficient de variation	0,18
Moyenne (PM/Pm)	2,430

L'analyse statistique des 5 localités, selon le tableau 1, nous montre une moyenne pluviométrique de 1348,10 mm avec un maximum de 2049,24 mm et un minimum de 850,08 mm. Ces hauteurs pluviométriques montrent que l'ensemble de la zone d'étude est arrosé. Le coefficient de variation est de 0,18 ce qui signifie que la dispersion autour de la moyenne est petite, donc la pluviométrie est plus ou moins homogène dans la zone d'étude. La moyenne est de 1348,10 mm et un écart type de 54,57 mm.

3.2. Krigeage ordinaire

La comparaison par validation croisée entre le modèle exponentiel et le modèle sphérique d'une part et entre le modèle exponentiel et le modèle gaussien d'autre part nous montre une faible valeur de la racine carrée de l'erreur moyenne quadratique pour le modèle exponentiel (RMSE=63,04) par rapport aux modèles gaussien (RMSE=78,89) et sphérique (RMSE= 67,36). En plus la moyenne des erreurs de spatialisation nous présente le même scénario, elle est respectivement de 6,21 et 16,01 pour le modèle sphérique et le modèle gaussien et de 1,69 pour le modèle exponentiel. Ainsi le modèle utilisé pour l'interpolation spatiale est le modèle exponentiel.

En dépit de l'incertitude d'interpolation assez élevée, la cartographie permet de distinguer les grandes tendances spatiales de manière synthétique, pour une région étudiée. À titre indicatif, la carte obtenue par Krigeage Ordinaire des précipitations moyennes sur la période 1940-2000 est présentée ci-dessous (figure 3). Cette carte montre que les moyennes pluviométriques les plus faibles sont enregistrées au Nord-Est (département d'Oumé). De cette zone vers les autres localités de la carte d'interpolation on assiste à une augmentation progressive de la hauteur pluviométrique avec des valeurs pluviométriques allant de 1337 à 1369 mm à l'Ouest (localité de Gagnoa). C'est à Gagnoa que l'on enregistre les hauteurs pluviométriques les plus élevées 1363 à 1369 mm.

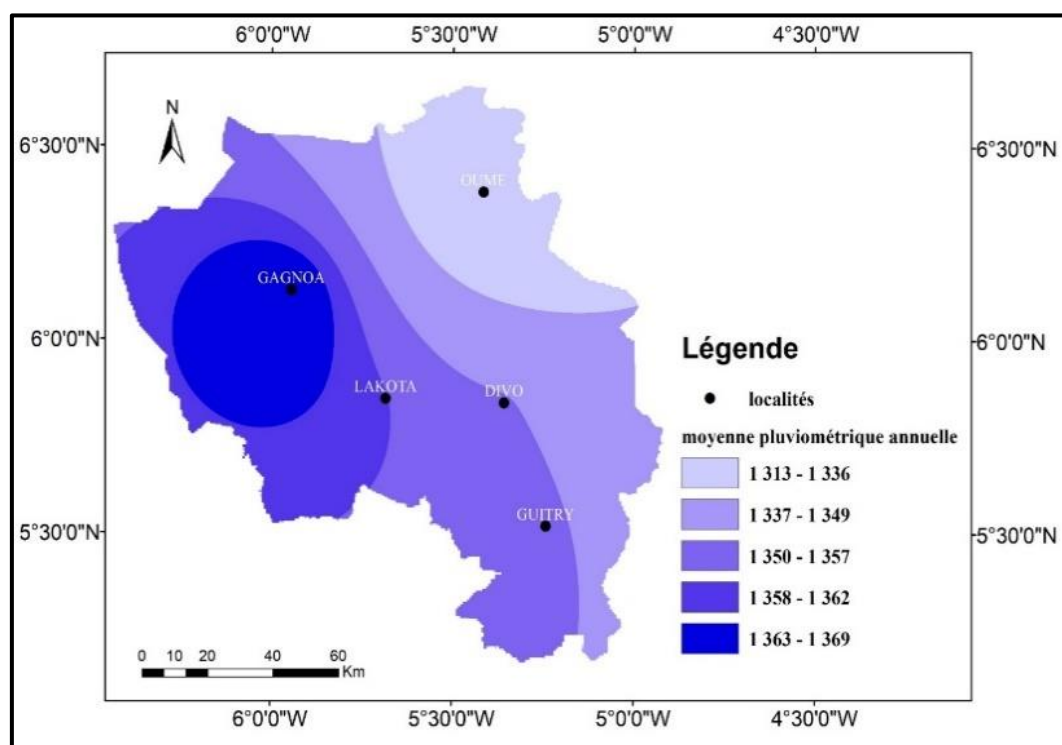


Figure 3 : La figure montre la carte de la pluviométrie moyenne annuelle du Centre-Ouest (krigeage ordinaire).

3.3. IDW

La figure 4 met en évidence la variation spatiale de la pluviométrie dans l'ensemble de la zone d'étude. Elle présente des contours à forte tendance concentrique autour des données. Les hauteurs pluviométriques les plus grandes sont enregistrées dans la région de Gagnoa (1374 à 1408 mm), alors que celles qui sont les plus faibles sont à Oumé (1239 à 1352 mm).

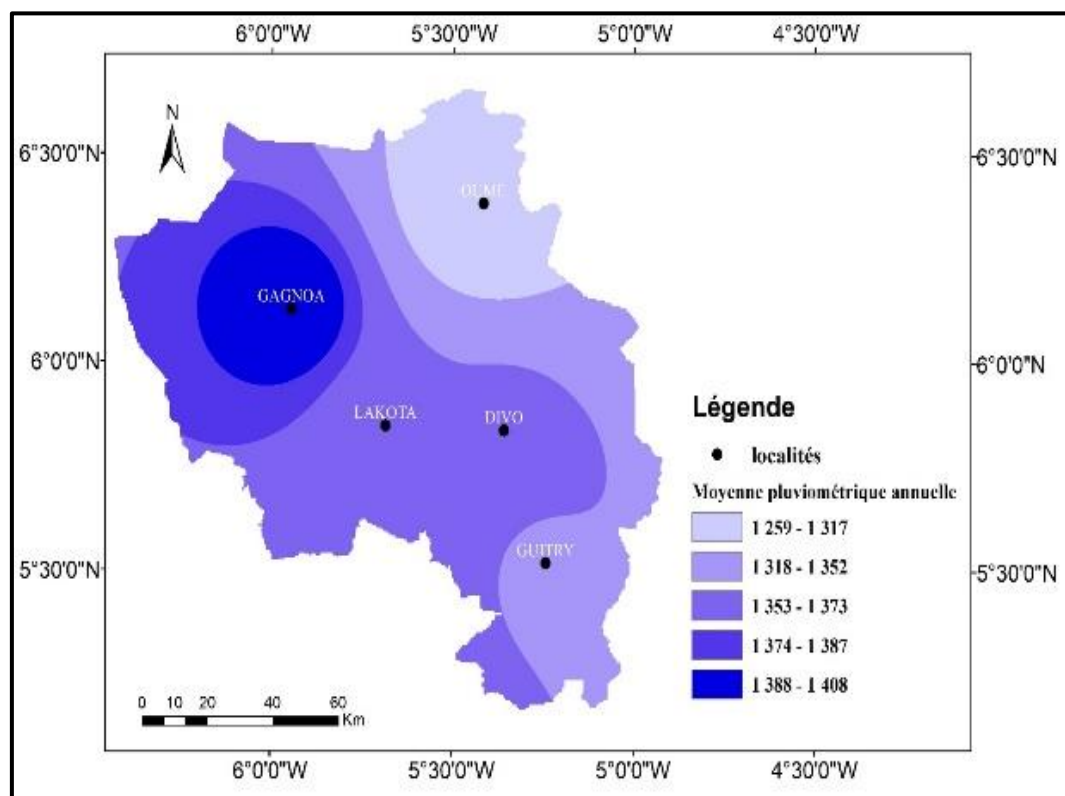


Figure 4 : La figure montre la carte de la pluviométrie moyenne annuelle de la du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (IDW).

3.4. Comparaison des différentes méthodes d'estimation par validation croisée

Pour choisir la méthode qui fournit les meilleurs résultats (c'est à dire une carte pluviométrique représentative de la zone d'étude à partir de 5 localités) on compare les résultats de validation croisée illustrée sur la figure 5. Le choix d'une méthode sera fonction de l'approche qui va produire les petites erreurs par validation croisée. Nous avons à gauche de la figure ci-dessous le graphe des observations et des prédictions, obtenu par le krigeage ordinaire et à droite celui obtenu par IDW.

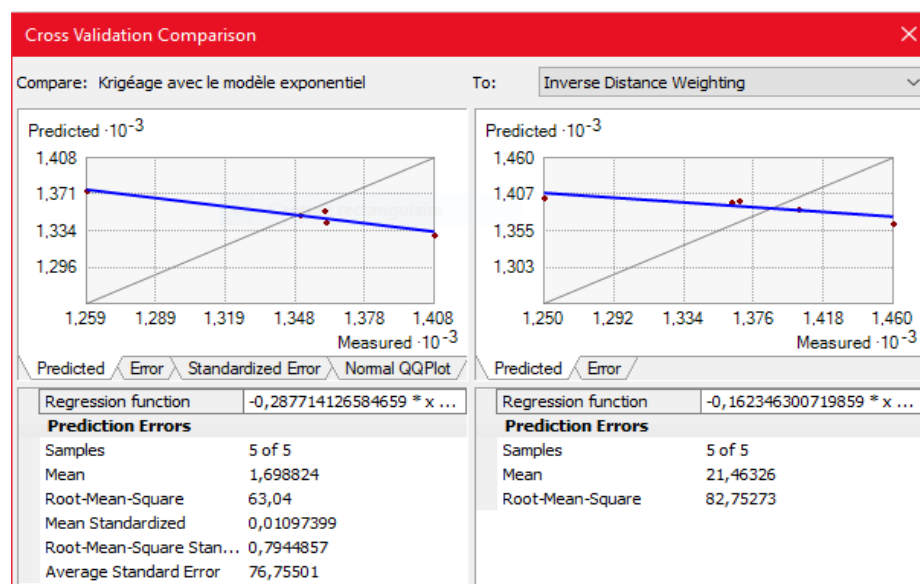


Figure 5 : La figure montre la comparaison des deux méthodes d'interpolation par validation croisée.

L'interpolation par la méthode IDW nous présente une valeur élevée de la moyenne de l'erreur (21,46 mm) contre 1,69 mm pour le Krigeage Ordinaire.

La racine carrée de l'erreur moyenne quadratique (RMSE pour *Root Mean Squared Error*) intégrant à la fois l'erreur systématique et la dispersion statistique des erreurs de spatialisation présente relativement une valeur plus élevée pour

la méthode IDW (RMSE=82,75mm) alors que le krigeage ordinaire induit de valeur plus faible (RMSE = 63,04 mm). Ces informations sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Le tableau montre le récapitulatif des statistiques de l'erreur d'estimation.

	Krigeage Ordinaire (KO)	Inverse Distance Weighted (IDW)
Biais	1,69	21,4632
Root Mean Squared Error (RMSE)	63,04	82,75

Le récapitulatif des statistiques de l'erreur d'estimation montre que le krigeage ordinaire est plus précis et moins biaisé car la moyenne des erreurs est plus proche de zéro et la racine carrée de l'erreur moyenne quadratique est plus faible avec une diminution de l'ordre de 13,51% par rapport à la méthode IDW.

4. DISCUSSION

D'un secteur à un autre de la zone d'étude les hauteurs pluviométriques sont différentes. Les deux méthodes d'interpolation (IDW, krigeage ordinaire) présentent globalement les mêmes tendances en matière de spatialisation de la pluviométrie. La baisse progressive de la pluviométrie observée de la localité de Gagnoa vers la localité d'Oumé est la conséquence d'un mouvement de migration lié à l'activité agricole (café et cacao) entraînant le défrichement massif de forêt [16]. Cette action en milieu forestier s'est immédiatement fait sentir puis elle s'est amplifiée au fil des années. Elle se manifeste par de forte densité de population rurale ainsi que par un accroissement de la production agricole, elle-même liée à l'augmentation des superficies cultivées. Cette occupation massive du sol (augmentation des superficies cultivées) à entrainer une baisse de la pluviométrie sur une grande surface au Centre-Ouest. Elle entraine, en moyenne par an, une hauteur pluviométrique variant de 1348 à 1378 mm et occupe 59% à 63% de la surface totale du Centre-Ouest. On a seulement 10% à 35% de la surface qui reçoit une moyenne pluviométrique atteignant les 1400 mm d'eau par an.

En discutant les deux méthodes d'interpolation, on constate que la dispersion garde à peu près la même répartition spatiale avec les deux méthodes. Mais quand on regarde la moyenne des erreurs de spatialisation obtenue, on constate que la méthode IDW conduit à une surestimation plus importante que la méthode par krigeage. En plus la RMSE de l'interpolation par la méthode de Krigeage ordinaire est plus faible que celle d'inverse distance. Donc, on peut dire que l'interpolation par le krigeage ordinaire est plus efficace que l'IDW. Taieb et Hamdi (2014) ont abouti aux mêmes résultats au cours de la modélisation spatio-temporelle du dioxyde de soufre [17]. La méthode de krigeage a l'avantage de prévoir et de construire le variogramme expérimental, qui permet de décrire la variabilité moyenne du phénomène dans l'espace (corrélation spatiale). Le krigeage est donc un interpolateur qui prend en compte la structure spatiale du phénomène permettant ainsi d'affiner l'estimation et réduire l'incertitude dans les zones sous-échantillonnées. La méthode de spatialisation des cumuls de pluie utilisée ici est le krigeage ordinaire. Les travaux de [13, 18] ont montré que parmi les méthodes d'interpolation des cumuls de pluie à ces pas de temps, le krigeage est souvent utilisé et fournit de meilleurs résultats que les méthodes gravitaires basées sur l'inverse de la distance [12].

5. CONCLUSION

L'étude conjointe de la méthode IDW et du krigeage ordinaire nous montre que le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire tend vers un stress hydrique pouvant occasionner des conséquences néfastes sur les cultures qui ne dépendent que de la pluviométrie. Mais ce stress hydrique arrive très rapidement dans la localité d'Oumé qui enregistre les plus basses hauteurs pluviométriques. Malgré quelques imprécisions le krigeage ordinaire nous offre des rudiments plus stricts en matière d'interpolation spatio-temporelle. Il offre des résultats plus précis et très proches de la réalité en réduisant les erreurs. Le krigeage est donc la méthode d'interpolation pluviométrique idéale pour faire face aux défis actuels et futurs.

6. REFERENCES

1. Paturol J.E., Servat E., Kouame B., Lubes H., Ouedraogo M., Masson J.M. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea part II: an integrated regional approach. *Journal of Hydrology*. 1997; 191(1-4): 16-36. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169496030697>
2. Servat E., Paturol J.E., Lubes H., Kouame B., Ouedraogo M., Masson J.M. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea part I: detail analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire. *Journal of Hydrology*. 1997; 191(1-4): 1-15. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169496030685>
3. Ardoin S., Lubès-Niel H., SERVAT E., Dezetter A., et Boyer J.F. Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990. *Revue des Sciences de l'Eau*. 2003 ; 18(2): 247-266.
4. Brou Y.T., N'goran J., Bicot S Et Servat E. Risque climatique et production agricole en Côte d'Ivoire : effet des variations pluviométriques sur la production cacaoyère. In : Actes de la 14ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère (Accra, Ghana, 18-23 octobre 2003) (2003). 259-267.
5. Ardoin B.S. Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau du grand bassin hydrographique en zone soudano-sahélienne, Thèse unique, Université de Montpellier II, France, 2004.

6. Kouassi A. M., Kouamé K. F., Goula B. T. A., Lasm T., Paturol J. E., Et Biémi J. Influence de la variabilité climatique et de la modification de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Science et Technologie*. 2008 ; 11 : 207-229. Available : https://revist.net/REVIST_11/REVIST_11_15.pdf
7. Gomez-Hernandez J., Garcia M. Analyse bibliographique des méthodes géostatistiques adaptées à la caractérisation des aquifères. ANDRA - DS/HG, B RP 0FSS 98-001/A. 1998. 245p.
8. Baillargeon S. Le krigeage : revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations. Mémoire Maîtrise. Université Laval (Canada). 2005. Available: https://archimede.mat.ulaval.ca/theses/S-Baillargeon_05.pdf
9. Guillaumet J.-L. Et Adjanooun E. Végétation de la Côte d'Ivoire. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Paris, 1971 : 161-263.
10. Gnahoua G. M. Contribution des légumineuses à la régénération des jachères : Intérêts et limites des arbres fixateurs d'azote en zone forestière de Côte d'Ivoire. Thèse doctorat Ingénieur, Option Agronomie, Université de Cocody - Abidjan, Côte d'Ivoire. 2004.
11. Burrough, P. A., McDonnell, R. A. Principles of Geographical Information Systems. New York. Oxford University Press, 1998. 356p.
12. BENJAMIN B. Cartographie agroclimatique à meso-échelle: méthodologie et application à la variabilité spatiale du climat en gironde viticole. Conséquences pour le développement de la vigne et la maturation du raisin. Bioclimatologie. Thèse unique, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, Français. 2007.
13. Dirks, K. N., HAY, J. E., Stow, C.D. Et Harris, D. High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island. Part II: interpolation of rainfall data. *Journal of Hydrology*. 1998; 208(3-4): 187-193.
14. Haberlandt, H. Et Kite, G. Estimation of daily space-time precipitation series for macroscale hydrological modelling. *Hydrological Processes*. 1998; 12: 1419-1432. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291099-1085%28199807%2912%3A9%3C1419%3A%3AAID-HYP645%3E3.0.CO%3B2-A>
15. Goovaerts, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*. 2000; 228: 113-129. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216940000144X>
16. Sylvain B., Brou Y.T., Oszwald J., Diedhiou A. Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse*. 2005; 16(1): 5-13.
17. Taieb D. Et Hamdi et E. Modélisation spatio-temporelle de la dispersion du dioxyde de soufre près d'un site industriel : Réseau de neurone & bio-indicateur. *Revue des Energies Renouvelables*. 2014; 17(3): 465-473.
18. NALDER, I.A. et WEIN, R.W., Spatial interpolation of climatic normal: test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1998; 92(4): 211-225. Available: [http://www.scrip.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2061153](http://www.scrip.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2061153)



Cite this article: Derving Baka, Monsia Jean-Claude Kpampou, Ernest Kouassi Ahoussi, D'Avila Anne Agoua, and Teti Prince Takpa. ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ SPATIALE DE LA PLUVIOMÉTRIE PAR LA MÉTHODE GÉOSTATISTIQUE ET IDW (Inverse Distance Weighted) AU CENTRE-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2019; 9(2): 216-223.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>