

**OPEN ACCESS**
Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN: 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

<https://www.csnrdc.net/>REVUE
CONGOLAISE
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES**Analyse des incertitudes des données globales utilisées pour l'estimation
l'évapotranspiration potentielle : « Cas de la station météorologique du CRREBaC à
l'Université de Kinshasa, en République démocratique du Congo »****[Uncertainty analysis of global dataset used for potential evapotranspiration estimate: The Case of the CRREBaC
meteorological station at the University of Kinshasa, Democratic Republic of the Congo]****Landry Nzamipiele Nkaba^{1*}, Exauce Longonya Omokende^{1,2}, Génie-Spirou Kiala Lutonadio¹, Augustin
Likuku Likienge¹ & Raphael Muamba Tshimanga^{1,2*}**¹*Ecole Régionale de l'Eau & Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo (CRREBaC), Université de
Kinshasa, Kinshasa, République Démocratique du Congo*²*Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa,
République Démocratique du Congo***Résumé**

L'objectif de cette étude est d'évaluer les incertitudes des données globales utilisées pour estimer l'évapotranspiration potentielle afin de mieux comprendre la dynamique hydrologique locale et appuyer la gestion durable de l'eau. Les données utilisées incluent des observations climatiques locales de la Station CRREBaC (pluie, température, humidité, rayonnement solaire, vent) collectées entre 2022 et 2024, ainsi que des bases de données globales telles que CHIRPS, CRU et FAO. Deux approches méthodologiques ont été appliquées : les formules de Penman-Monteith (FAO) et de Hargreaves. Un calibrage de certains paramètres (albédo, émissivité, rayonnement net) a été réalisé pour améliorer la précision des estimations. Les résultats montrent une bonne concordance entre les méthodes et les données de référence, avec des coefficients de détermination (R^2) supérieurs à 0,9. L'analyse comparative confirme la robustesse de la méthode de Penman-Monteith pour des évaluations précises dans le contexte local. Il est recommandé de renforcer les réseaux de mesures locales et de combiner plusieurs sources de données pour affiner les estimations futures de l'évapotranspiration.

Mots clés : Évapotranspiration potentielle, Méthode de Penman-Monteith, Méthode de Hargreaves, Données climatiques.**Abstract**

The objective of this study is to evaluate the uncertainties associated with global datasets used to estimate potential evapotranspiration (PET), in order to better understand local hydrological dynamics and support sustainable water management. The data used include local climatic observations from the CRREBaC station (rainfall, temperature, humidity, solar radiation, wind) collected between 2022 and 2024, as well as global datasets such as CHIRPS, CRU, and FAO. Two methodological approaches were applied: the Penman-Monteith (FAO) and Hargreaves formulas. Calibration of certain parameters (albedo, emissivity, net radiation) was performed to improve the accuracy of the estimates. The results show good agreement between the methods and the reference data, with coefficients of determination (R^2) exceeding 0.9. The comparative analysis confirms the robustness of the Penman-Monteith method for accurate assessments in the local context. It is recommended to strengthen local observation networks and to combine multiple data sources to refine future evapotranspiration estimates.

Keywords: Potential evapotranspiration, Penman-Monteith method, Hargreaves method, Climate data

*Auteur correspondant: Landry Nzamipiele Nkaba, (landry.nkaba@unikin.ac.cd). Tél. : (+243) 813 267 278

 <https://orcid.org/0000-0002-7491-9349>; Reçu le 12/12/2025 ; Révisé le 09/01/2026 ; Accepté le 02/02/2026

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i1.225>

Copyright: ©2026 Nkaba et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

La gestion durable des ressources en eau constitue un enjeu stratégique majeur pour la République Démocratique du Congo (RDC) et, plus largement, pour l'ensemble du Bassin du Congo. Cependant, cette ambition se heurte à une pénurie chronique de données climatiques et hydrologiques fiables, en particulier dans les zones urbaines en pleine expansion comme Kinshasa. Cette rareté de l'information, exacerbée par des contraintes socio-économiques et institutionnelles (Tshimanga et al., 2022 ; Nkaba et al., 2025), limite considérablement les capacités de recherche, de planification et de prise de décision dans les domaines de l'agriculture, de l'aménagement du territoire et de l'adaptation au changement climatique.

Face à ce constat, des initiatives locales ont vu le jour pour combler ce vide informationnel. Parmi celles-ci figure la mise en place de la Station Météorologique CRREBaC (Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin Congo) de l'Université de Kinshasa. Cette station, bien que récente, produit des données essentielles sur les paramètres météorologiques de base (température, précipitations, rayonnement, humidité, vent et pression) dans le bassin versant de la rivière Kemi. Toutefois, comme dans la majorité des stations de la région, l'évapotranspiration, variable clé pour la gestion hydrologique et agricole n'est pas directement mesurée, bien qu'elle influence fortement les processus hydrologiques, la disponibilité en eau et les besoins en irrigation (CB-CIS, 2021).

Les températures élevées observées dans le bassin du Congo contribuent à accentuer les pertes en eau par évapotranspiration, rendant d'autant plus urgente une estimation fiable de ce paramètre (Tshimanga & Hughes, 2012). La méthode de Penman-Monteith (PM), recommandée par la FAO comme standard international (Calanca et al., 2011), est réputée pour sa robustesse. Toutefois, elle exige un ensemble de variables météorologiques souvent indisponibles dans les contextes comme celui de Kinshasa. Cette contrainte justifie l'exploration de méthodes alternatives plus simples, mais suffisamment précises, comme la formule de Hargreaves (HG), qui repose essentiellement sur la température et la radiation solaire.

Des études antérieures, notamment celle de Ndiaye (2017), ont montré que la méthode de Hargreaves fournit des estimations d'évapotranspiration comparables à celles de Penman-

Monteith dans certaines conditions, tout en étant moins exigeante en données. Dans le contexte de Kinshasa, cette méthode pourrait ainsi représenter une alternative adaptée, particulièrement pour appuyer les décisions relatives à la gestion des eaux urbaines et à la planification agricole, dans un cadre de données limitées.

La présente étude vise à évaluer la pertinence de la méthode de Hargreaves dans le contexte spécifique de la Station Météorologique CRREBaC Kin Mont-Amba, en le comparant à la formule de Penman-Monteith. En fournissant une analyse comparative approfondie, cette étude a pour ambition de contribuer à une meilleure compréhension des dynamiques d'évapotranspiration dans la ville de Kinshasa et à l'optimisation des outils de gestion des ressources en eau dans les contextes de données contraintes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans le bassin versant de la rivière Kemi, situé dans le district du Mont-Amba, au sein de la ville-province de Kinshasa (RDC). Ce bassin, d'une superficie de 2,5 km², constitue une sous-unité du bassin de la rivière Funa et est traversé par la rivière Kemi, qui prend sa source dans la zone collinaire du Mont-Amba avant de se jeter dans la Funa à la jonction des avenues Kimwenza et By-Pass.

La figure 1 illustre la localisation géographique du site d'étude.

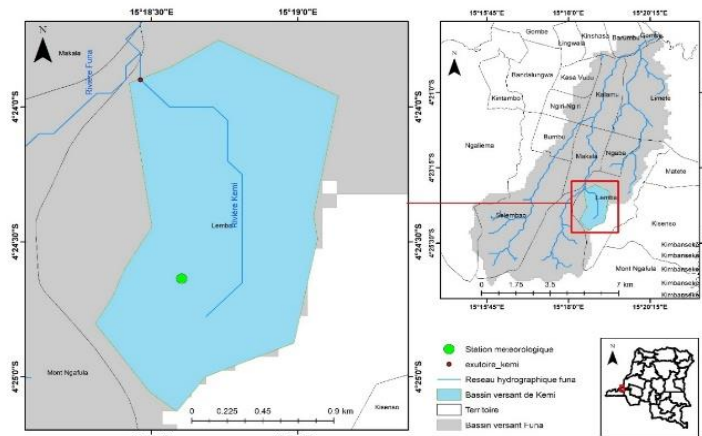


Figure 1. Localisation géographique de la station Météorologique CRREBaC Kin Mont-Amba

Le bassin est dominé par une végétation de savane avec des plantations d'eucalyptus et des zones de maraîchage, mais la ville de Kinshasa présente un ensemble varié de formations végétales, allant des galeries forestières aux savanes herbeuses, en passant

par des zones agricoles, forestières secondaires et espaces urbains aménagés. Sur le plan édaphique, les sols du bassin versant sont majoritairement sablonneux, faiblement riches en matière organique, acides (pH $\sim$ 4,7) et pauvres en éléments nutritifs (N = 0,49 %, K = 0,039 %, Ca = 0,48 %) (Ndembo, 2009). D'un point de vue climatique, la région bénéficie d'un climat tropical humide de type Aw4 selon Köppen, avec une saison sèche de mai à septembre et une saison pluvieuse de septembre à mai. La pluviométrie annuelle varie entre 1 000 et 1 500 mm (Makoko & Ndembo, 1991)

2.2. Stations météorologiques et données collectées

La station météorologique CRREBaC, installée dans l'enceinte de l'Université de Kinshasa, constitue le principal outil de mesure pour cette étude. Conçue par LSI LASTEM, elle est entièrement automatisée et enregistre toutes les 10 minutes des données sur sept paramètres climatiques majeurs dont les précipitations (mm), les températures (°C), la vitesse du vent (m/s), le rayonnement global (W/m²) et l'humidité relative (%), toutes mesurées in situ à une résolution ponctuelle.

Un logiciel dédié (« 3dom ») permet le téléchargement et le traitement des données, tandis qu'un programme local (« Météo Data ») a été développé au CRREBaC pour automatiser les calculs statistiques de base. La figure 2 illustre cette station.



Figure 2. Station météorologique CRREBaC

En complément, d'autres bases de données climatiques globales ont été utilisées pour la même période correspondante à aux données de la station CRREBaC. Il s'agit des données l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture (FAO) (Allen et al., 1998), des données de l'Unité de recherche sur le Climat (CRU) (Harris et al., 2020), et Climate Hazards

Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) (Funk et al., 2015). La base des données CRU fournit des estimations de l'évapotranspiration potentielle (ETP), des précipitations et des températures à une résolution spatiale de 0.5° x 0.5°. De son côté, la base FAO propose des données similaires, avec un accent particulier sur les estimations de l'ETP dérivées de la méthode de Penman-Monteith, bien que sans résolution spatiale explicite dans ce cas. Enfin, la base CHIRPS, avec une résolution plus fine de 0.05° x 0.05°, offre des données précises sur les précipitations à haute résolution spatiale.

2.3. Estimation de l'évapotranspiration potentielle

La méthodologie appliquée dans cette étude repose sur l'utilisation de données climatiques observées et les bases des données climatiques globales pour estimer l'évapotranspiration potentielle dans le bassin versant de la Kemi. Les données des observations directes recueillies à la station météorologique CRREBaC Kin Mont-Amba entre 2022 et 2024, incluent les précipitations, températures, vitesse du vent, rayonnement global et humidité relative ; alors que les données climatiques globales CRU et FAO pour la même période.

L'estimation de l'évapotranspiration potentielle a été réalisée à l'aide de deux méthodes : la formule de Penman-Monteith, reconnue par la FAO comme référence standard, et la méthode simplifiée de Hargreaves. La méthode de Penman-Monteith repose sur des variables climatiques complètes, incluant la température, l'humidité, le rayonnement solaire, la vitesse du vent, la pression atmosphérique et d'autres paramètres physiques. Les variables nécessaires ont été calculées à partir des données mesurées, notamment le rayonnement net (Rn), le flux de chaleur dans le sol (G), la pente de la courbe de pression de vapeur saturante (Δ), et les pressions de vapeur saturante (e_s) et réelle (e_a). Le rayonnement net a été estimé par la différence entre le rayonnement de courte et de longue longueur d'onde, avec un albédo calibré à 0,23 (Penman, 1963).

$$ETP = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

La méthode de Hargreaves, plus simple, a été utilisée comme alternative dans les contextes de données climatiques limitées. Elle repose uniquement sur la température (maximale, minimale et moyenne) et le rayonnement extraterrestre (R_a), qui a été estimé en

fonction des saisons à Kinshasa (Hargreaves & Samani, 1985). Un calibrage a été nécessaire pour ajuster les paramètres non fournis par la station, tels que l'albédo, l'émissivité de surface et le rayonnement extraterrestre, afin d'obtenir des valeurs cohérentes avec les références FAO.

$$ETP = 0.0023 \times (T_{moy} + 17.8) \times \sqrt{T_{max} - T_{min}} \times Ra$$

2.4. Validation des données

Les résultats des deux méthodes ont été comparés à ceux des bases de données climatiques spatiales (CRU TS et FAO) pour évaluer leur validité. Des analyses statistiques de Régression linéaire, notamment le calcul du coefficient de corrélation r et de détermination (R^2), ont permis de mesurer la concordance entre les estimations locales et les données de référence. Ce coefficient renseigne sur la proportion de la variance des estimations expliquée par le modèle, offrant ainsi une évaluation quantitative de la performance des méthodes appliquées.

$$R^2_{xy} = \left(\frac{S_{xy}}{S_x \times S_y} \right)^2$$

Où : R^2_{xy} correspond au coefficient de détermination, S_{xy} correspond à la covariance, S_x correspond à l'écart type de l'échantillon x , S_y correspond à l'écart type de l'échantillon y

3. Résultats

3.1. Comparaison des distributions saisonnières des variables climatiques

La figure 3 présente la comparaison des tendances des distributions saisonnières des variables climatiques observées et globales (FAO, CHIRPS, et CRU TS) pour la période allant de 2022 à 2024. Il s'agit notamment des distributions des pluies (a), températures maximales (b) des températures minimales (c), et températures moyennes (d).

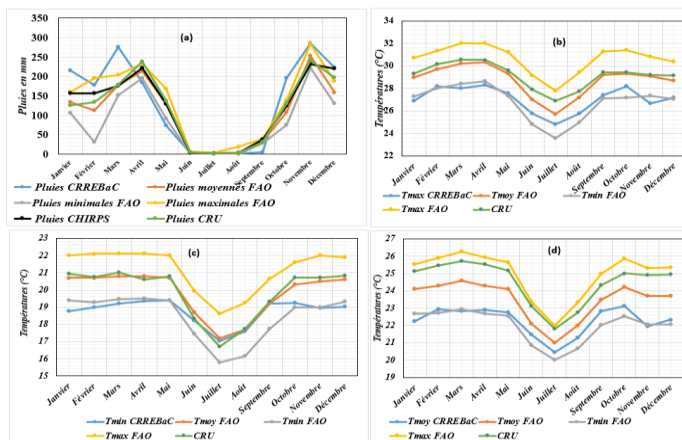


Figure 3. Comparaison et validation des distributions des variables climatiques

Les données de précipitations observées par CRREBaC montrent un total annuel supérieur à ceux des sources FAO et CHIRPS, mettant en évidence une possible année plus humide ou une localisation plus arrosée. Malgré ces différences de volume, la saisonnalité est globalement bien reproduite par toutes les sources, avec des pics de pluies en mars, avril, novembre et décembre, et une saison sèche marquée de juin à août. Toutefois, CHIRPS et FAO ont tendance à lisser les extrêmes, sous-estimant parfois les fortes pluies captées par les observations locales. Les comparaisons saisonnières entre les pluies observées de CRREBaC et les pluies globales ont montré que les données de la source CHIRPS a la plus grande concordance ($R^2=0,83$) suivie de la source FAO ($R^2=0,80$) et en suite celles de CRU ($R^2=0,79$).

Les comparaisons des températures moyennes, maximales et minimales révèlent également une forte similarité entre les données du CRREBaC et celles issues des bases FAO et CRU. Les tendances saisonnières suivent les mêmes cycles, avec des températures basses en saison sèche et un minimum en juillet. Les corrélations sont très élevées : jusqu'à $R^2 = 0,91$ pour les températures maximales avec la FAO, ce qui atteste de la robustesse des mesures locales.

Toutefois, certaines divergences saisonnières (notamment en mars et avril pour les précipitations) invitent à approfondir l'analyse des écarts des différentes sources, possiblement liés à des différences méthodologiques de collecte ou à des phénomènes microclimatiques non captés par les bases globales

3.2. Estimation de l'évapotranspiration

3.2.1. Estimation et calibration des paramètres

Les tableaux I et II présentent les moyennes mensuelles des paramètres mesurés, calculés et calibrés pour estimer l'évapotranspiration à l'aide de la formule de Penman-Monteith.

Tableau I. Paramètres mesurés et calibrés pour l'application de la formule de Penman-Monteith

	Paramètres mesurés						Paramètres calibrés	
	Pluies	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmoy (°C)	Ra (MJ/m2)	V-2m (m/s)	ε	Albedo
Janvier	215.6	22.2		22.2	16.0	0.5	0.66	0.23
Février	177.6	23.0		23.0	17.1	0.5	0.66	0.23
Mars	274.8	22.8		22.8	17.3	0.5	0.66	0.23
Avril	184.1	22.9		22.9	16.7	0.6	0.62	0.23
Mai	73.4	22.8		22.8	14.6	0.6	0.55	0.23
Juin	2.7	21.4		21.4	12.2	0.7	0.48	0.23
Juillet	0	20.4		20.4	11.1	0.8	0.475	0.23
Août	1.7	21.4		21.4	13.0	0.9	0.5	0.23
Septembre	4.1	22.9		22.9	13.8	1.0	0.55	0.23
Octobre	196.1	23.1		23.1	16.0	0.9	0.59	0.23
Novembre	286.1	21.9		21.9	15.0	0.6	0.6	0.23
Décembre	222.8	22.3		22.3	15.7	0.5	0.6	0.23

Tableau II. Paramètres mesurés et calibrés pour l'application de la formule de Hargreaves

	Mesurés			Calibrés
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmoy (°C)	Ra (mm/d)
Janvier	26.9	18.7	22.2	13.2
Février	28.2	19.0	23.0	13.2
Mars	28.0	19.2	22.8	13.2
Avril	28.3	19.4	22.9	13.2
Mai	27.5	19.4	22.8	12.2
Juin	25.7	18.2	21.4	11.5
Juillet	24.8	17.0	20.4	11.5
Aout	25.9	17.6	21.4	11.5
Septembre	27.4	19.3	22.9	13.2
Octobre	28.1	19.2	23.1	13.2
Novembre	26.7	19.0	21.9	13.2
Décembre	27.1	19.0	22.3	13.2

Le **tableau III** présente les paramètres mensuels mesurés, calculés et calibrés pour estimer l'évapotranspiration à l'aide de la formule de Hargreaves.

Tableau III. Paramètres calculés pour l'application de la formule de Penman-Monteith

	Paramètres calculés							
	Rnl (MJ/m ²)	es (KPa)	ea (KPa)	DPV (KPa)	Delta	γ (KPa/°C)	Rns (MJ/m ²)	Rn-G
Janvier	24.6	3.6	2.2	1.4	0.2	0.1	12.3	11.0
Février	24.8	3.8	2.2	1.6	0.2	0.1	13.2	10.5
Mars	24.8	3.8	2.2	1.6	0.2	0.1	13.3	10.3
Avril	23.3	3.9	2.2	1.6	0.2	0.1	12.9	9.4
Mai	20.6	3.7	2.3	1.4	0.2	0.1	11.3	8.4
Juin	17.7	3.3	2.1	1.2	0.2	0.1	9.4	7.5
Juillet	17.3	3.2	1.9	1.2	0.1	0.1	8.5	7.9
Aout	18.4	3.4	2.0	1.3	0.2	0.1	10.0	7.5
Septembre	20.6	3.7	2.2	1.4	0.2	0.1	10.6	9.0
Octobre	22.2	3.8	2.2	1.6	0.2	0.1	12.3	8.9
Novembre	22.2	3.5	2.2	1.3	0.2	0.1	11.5	9.6
Décembre	22.4	3.6	2.2	1.4	0.2	0.1	12.1	9.2

Distributions des évapotranspirations potentielles

La **figure 4** présente la distribution des données mensuelles d'évapotranspiration potentielle (ET₀) calculées par les méthodes de Penman-Monteith (ET₀-PM-CRREBaC) et Hargreaves (ET₀-Hargreaves-CRREBaC) pour la période allant de 2022 à 2024 avec celles de CRU et de la FAO. Elle illustre une forte similarité entre les tendances des valeurs des évapotranspirations potentielles moyennes des deux méthodes de calcul avec celles de la FAO.

Les résultats des calculs s'approchent sensiblement aux valeurs des évapotranspirations moyennes de la FAO. Toutes les valeurs moyennes trouvées avec les deux méthodes de calculs sont comprises entre les évapotranspirations minimales et

maximales de la FAO. Elle illustre également une faible similarité entre les valeurs des évapotranspirations trouvées et celles téléchargées de CRU surtout pendant la saison sèche. Les tendances des valeurs de CRU ne sont également pas semblables aux tendances des évapotranspirations moyennes de la FAO.

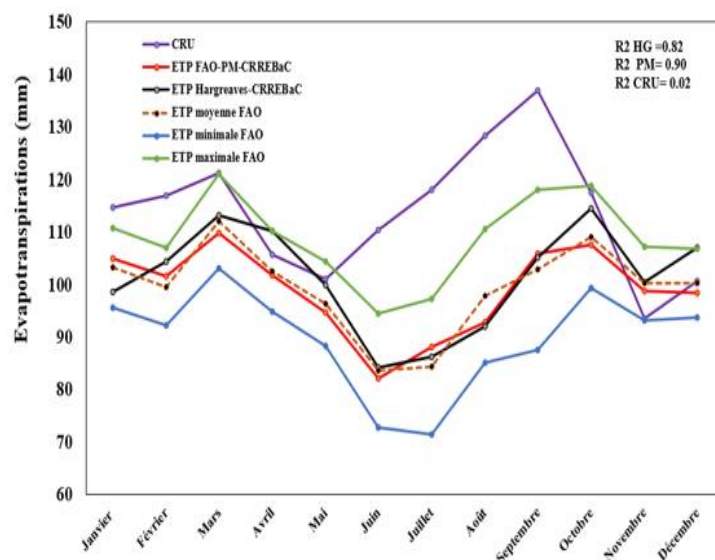


Figure 4. Comparaison des distributions évapotranspirations moyennes calculées avec d'autres sources de données

3.2.2. Evaluation des incertitudes et validation des distributions des évapotranspirations

Cette validation concerne que les comparaisons des estimations des évapotranspirations potentielles issues de deux des méthodes celles des données de la FAO, tels qu'illustré dans la section précédente que les estimations des évapotranspirations potentielles à partir des données observées concordent bien avec les données de la FAO. La figure 5 présente les régressions linéaires entre les estimations de l'évapotranspiration potentielle (ET₀) issues des méthodes de Penman-Monteith (**figure 5a**) et de Hargreaves (**figure 5b**), comparées aux valeurs de référence fournies par la FAO.

La sous-figure **5a** révèle une corrélation significative entre les estimations du CRREBaC basées sur la méthode de Penman-Monteith et celles de la FAO, avec un coefficient de détermination (R²) de 0,82. Ce résultat indique que 82 % de la variabilité des valeurs d'ET₀ de la FAO est expliquée par les valeurs simulées via la méthode de Penman-Monteith. Cela témoigne d'une bonne performance de cette méthode

pour reproduire les estimations de référence, ce qui est cohérent avec son statut de méthode standard intégrant les principaux paramètres climatiques (rayonnement net, température, humidité relative et vent). En revanche, la sous-figure 5b montre la régression entre les valeurs obtenues par la méthode de Hargreaves et celles de la FAO. Bien que cette méthode repose sur un nombre plus restreint de variables climatiques (essentiellement la température), son intérêt réside dans sa simplicité et sa moindre exigence en données.

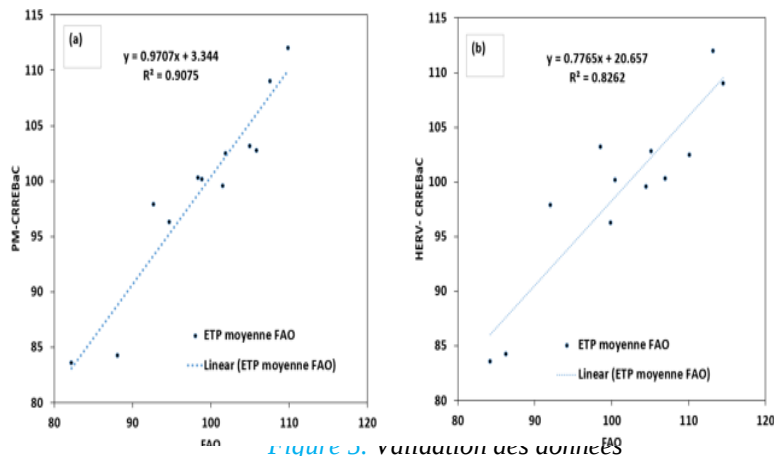


Figure 5. Validation des données

La figure 6 illustre une analyse des incertitudes associées aux estimations de l'évapotranspiration potentielle, obtenues à partir des données CRU et FAO, en utilisant les méthodes de Penman-Monteith (PM) et Hargreaves (HG). Il en ressort que les données issues de la base CRU génèrent une variabilité plus importante dans les résultats, traduisant une incertitude accrue. En revanche, les estimations basées sur les données FAO présente une dispersion plus faible, ce qui démontre une meilleure stabilité et une incertitude moindre dans les calculs d'ETP

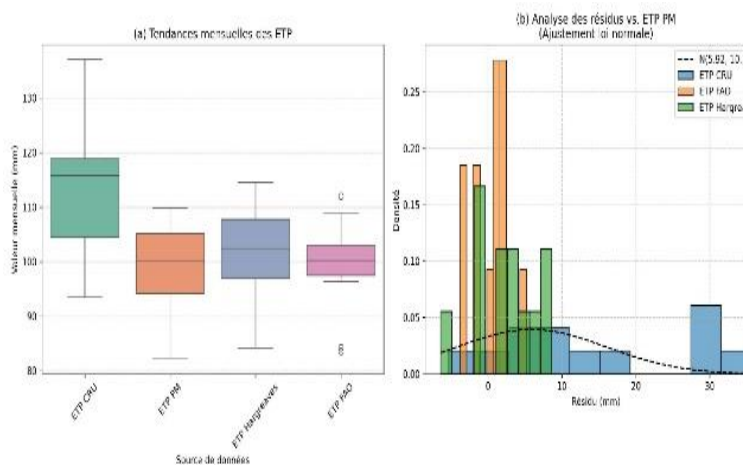


Figure 6. Estimation des incertitudes associées aux données globale

4. Discussion

4.1. Analyse des variables climatiques

Les données de précipitations observées localement par le CRREBaC indiquent des totaux annuels supérieurs à ceux des bases de données globales telles que CRU, FAO et CHIRPS. Cette différence peut refléter soit une année particulièrement humide au moment des observations, soit une spécificité locale plus arrosée, potentiellement liée à des effets orographiques ou à des particularités microclimatiques non captées par les grilles globales.

Malgré ces écarts en termes de volume annuel, la saisonnalité des précipitations est globalement bien reproduite par toutes les sources. Les différents jeux de données présentent les pics pluviométriques récurrents en mars, avril, novembre et décembre, ainsi qu'une saison sèche bien marquée de juin à août. Cela témoigne d'une cohérence sur le cycle annuel des pluies, élément important pour la modélisation hydrologique et l'analyse climatique régionale. Néanmoins, les produits satellitaires et réanalyses comme CHIRPS et FAO ont tendance à atténuer les extrêmes, en sous-estimant ponctuellement les fortes pluies enregistrées par les observations locales.

Les analyses quantitatives des distributions saisonnières entre les séries observées (CRREBaC) et les bases globales révèlent une meilleure concordance avec CHIRPS ($R^2 = 0,83$), suivie de près par FAO ($R^2 = 0,80$), puis CRU ($R^2 = 0,79$). Ces résultats prouvent une fois de plus la valeur ajoutée des données CHIRPS pour la reproduction du signal saisonnier en RDC (Camberlin et al., 2019; Georgiou et al., 2022).

En ce qui concerne les températures moyennes, maximales et minimales, une très forte similarité est observée entre les données locales et celles des bases FAO et CRU. Les cycles saisonniers sont bien reproduits, avec des températures minimales en saison sèche, et un minimum thermique prononcé en juillet, caractéristique de nombreuses zones équatoriales. Les corrélations atteignent des niveaux très élevés, jusqu'à $R^2 = 0,91$ pour les températures maximales avec FAO, ce qui atteste de la fiabilité des observations locales et de leur capacité à représenter fidèlement le climat régional.

Malgré cette convergence globale, certaines divergences ponctuelles persistent, notamment au cours des mois de mars et avril pour les précipitations. Ces écarts pourraient être attribués à des différences méthodologiques de collecte, à la résolution spatiale

limitée des bases globales, ou encore à la présence de phénomènes microclimatiques locaux échappant aux modèles globaux. Une analyse plus fine des écarts systématiques selon les mois, les années et les localisations s'avère donc nécessaire pour améliorer l'intégration des données globales dans les études régionales.

4.2 .Evaluation des incertitudes

Les évapotranspirations ont des implications économiques significatives. Les informations qui en découlent contribuent à l'estimation des besoins en eau des cultures. Ce qui peut permettre éventuellement aux agriculteurs d'optimiser leurs pratiques d'irrigation et à augmenter leurs rendements (CB-CIS, 2021). La méthode Penman-Monteith, considérée comme la référence en matière d'estimation de l'ETP grâce à son intégration complète des variables climatiques (température, humidité, vitesse du vent, rayonnement solaire), a montré une bonne concordance ($R^2=0.9$) par rapport aux données de la FAO. Ce indique une forte corrélation et une grande précision, suggérant que la méthode Penman-Monteith, appliquée avec des données in situ, est très fiable pour estimer l'ETP à Kinshasa. Une étude menée par Smith et al. (2017) au Ghana a également montré la bonne performance de la méthode Penman-Monteith comparée aux données observées.

La méthode de Hargreaves, plus simple car reposant principalement sur la température et le rayonnement solaire, a présenté un R^2 de 0.82, indiquant une forte corrélation avec les données de la FAO, bien que légèrement inférieure à celle de Penman-Monteith. Cette méthode, bien que moins précise, reste utile pour des estimations rapides et moins exigeantes en termes de données. Une étude en Ouganda menée par Jones et al. (2018) a confirmé la supériorité de la méthode Penman-Monteith par rapport aux méthodes simplifiées telles que celle de Hargreaves, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus à Kinshasa.

Comparées aux études menées en RDC et dans le bassin du Congo, ces résultats sont similaires à ceux observés par Mamba et al. (2015) qui ont également trouvé que la méthode Penman-Monteith fournissait les estimations les plus précises d'ETP lorsqu'elles étaient comparées aux données locales de la station météorologique de Kisangani. De même, une étude réalisée par Ndinga et al. (2016) sur l'ensemble du

bassin du Congo a montré la fiabilité de la méthode Penman-Monteith.

Ces résultats ont des implications importantes pour la gestion des ressources en eau à Kinshasa. Une estimation précise de l'ETP est essentielle pour la planification de l'irrigation et la gestion des réservoirs. La méthode Penman-Monteith, avec son haut degré de précision, peut aider les agriculteurs et les gestionnaires de l'eau à optimiser l'utilisation de l'eau et à prévoir les périodes de sécheresse. En revanche, la méthode de Hargreaves peut être utile dans des contextes où les données climatiques détaillées ne sont pas disponibles, bien que ses estimations soient légèrement moins précises

5. Conclusion

L'étude conduite sur le bassin versant de la Kemi a permis d'estimer l'évapotranspiration potentielle à partir des méthodes de Penman-Monteith et de Hargreaves, en utilisant des données climatiques issues à la fois d'observations locales (station CRREBaC Kin Mont-Amba) et de bases des données globales (FAO, CRU). Les résultats ont montré une bonne cohérence entre les deux approches, avec une performance plus fiable de la méthode de Penman-Monteith, notamment après le calibrage de paramètres comme l'albédo, l'émissivité de surface et le rayonnement extraterrestre. Cependant, l'analyse des incertitudes, notamment lors de l'utilisation de données provenant de la base CRU, a révélé une plus grande variabilité, ce qui peut affecter la précision des estimations dans certaines conditions. Ces ajustements ont permis de mieux reproduire les tendances réelles observées sur le terrain. Ainsi, l'étude a démontré l'importance de disposer de données climatiques locales précises et continue dans le temps.

Il est ainsi recommandé de renforcer les capacités de mesure des stations météorologiques régionales, mais aussi d'encourager l'intégration des données satellitaires et des bases globales pour compléter les observations. Pour les futures recherches, l'utilisation des données des plusieurs stations au travers de la RDC avec des longues séries des données et le développement de modèles de validation plus robustes permettraient d'améliorer encore l'évaluation de l'évapotranspiration et, plus largement, la gestion durable des ressources en eau dans les régions tropicales.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à toutes les personnes et institutions qui ont contribué à la réalisation de cet article. Ces remerciements s'étendent au personnel dévoué qui se consacre à la promotion et au développement de la Revue Congolaise des Sciences & Technologies, en particulier à sa Direction et à sa Rédaction, ainsi qu'aux collègues chercheurs pour leur généreux appui, leurs conseils et suggestions durant tout le processus de recherche.

Enfin, ils remercient les pairs anonymes pour leurs observations constructives qui ont amélioré la qualité de cet article.

Financement

Cette étude s'est réalisée sans appui financier spécifique. Elle s'est réalisée grâce à un appui technique du Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo et les ressources propres des auteurs.

Conflit d'Intérêt

Les auteurs signalent n'avoir aucun conflit d'intérêt en rapport avec cet article Considérations d'Ethiques. Cette étude s'est réalisée en respectant tous les principes éthiques

Considérations Ethiques

Cette étude n'implique pas de données personnelles, mais requiert une utilisation responsable des observations de la station météorologique du CRREBaC (Université de Kinshasa) et des produits globaux (CHIRPS, CRU, FAO) : respect des autorisations et licences, attribution correcte, transparence sur le contrôle qualité et les incertitudes (biais des données globales, limites de représentativité locale), et documentation du calibrage (albédo, émissivité, rayonnement net) afin d'éviter le surajustement, garantir la reproductibilité et encadrer l'usage des résultats.

Contributions des Auteurs

L.N.N a coordonné la conception, l'analyse et le traitement des données, la rédaction du manuscrit originale, la soumission à la revue et les échanges avec l'éditeur.

E.L.O a participé à la conception, analyse et traitement des données, rédaction du manuscrit originale.

G-S. L.K a participé à la conception, analyse et traitement des données.

R.T.M a coordonné la supervision, la conception, l'analyse et le traitement des données, la rédaction du manuscrit originale, la soumission à la revue et les échanges avec l'éditeur.

ORCID des Auteurs

Landry. N.N. : <https://orcid.org/0000-0002-7491-9349>

Exaucé. O.L.: <https://orcid.org/0009-0004-8244-5480>

Genie-Spirou. K.L.: <https://orcid.org/0000-0003-1132-2462>

Augustin. L.L. : <https://orcid.org/0009-0003-8057-5102>

Raphael. T.M. : <https://orcid.org/0000-0002-4726-3495>

Références bibliographiques

- Abtew, W. (1996). Evapotranspiration Measurement and Modeling for Three Wetland Systems in South Florida. *Journal of the American Water Resources Association*, 32(3), 465-473.
- Alain., C., & Valentin, C. (1989). *Les Etats De Surface De La Zone Sahelienne* (Ed. Orstom). Institut Francais De Recherche Scientifique Pour Le Developpement En Cooperation.
- Allen, R., Pereira, L., Howell, T., & Jensen. (2011). Evapotranspiration Information Reporting: I. Factors Governing Measurement Accuracy. *Agricultural Water Management*(98(6)), 899-920.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage*(56).
- atomique, A. I. (2008). Isotopes de l'environnement dans l cycle hydrologique. Dans *L'hydrologie Isotopique* (p. 588). Vienne.
- Bola, G. (2012). Analyse spatiale du risque d'érosion sur le bassin versant de la rivière Kemi et impacts potentielle sur la sureté des installations nucléaires de Kinshasa. *Congo Atomique Energy Commission*, 4-6.
- Brown, P. T. (2016). Assessment of Climate Research Unit data for regional evapotranspiration. *Climate Dynamics*, 375-389.
- Brutsaert, W. (1982). *Evaporation into the Atmosphere: Theory, History, and Applications*. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Calanca, P., Pascale Smith, & Annelie Holzkäm. (2011). L'évapotranspiration de référence et son

- application en agrométéorologie. *Recherche Agronomique Suisse*, 2((4)), 176–183.
- Calder, I. (1990). Evaporation in the Uplands. *John Wiley & Sons Ltd*.
- CB-CIS. (2021). Système de classification des bassins versants. *Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo (CRREBaC)*(Version 1.1).
- chapitre 5: Les facteurs climatiques de l'échelle des écoulements. (s.d.). Dans *Cours de climatologie M1* (p. 16).
- Etude du cycle hydrologique de l'eau et des processus de surface simulés avec Orchidée sur le bassin de Mississipi. (2005).
- Gabriel TETKA MUTONDO, D. K. (2018). Evaluation du bilan hydrique dans les milieux anthropisés de la forêt claire (région de Lubumbashi, Province du Haut-katanga, R.D. Cong). Méthodologie adoptée pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle. *GEO-ECOTROP*, 172.
- Hargreaves, G., & Samani, Z. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96-99.
- Hillel, D. (2004). Introduction to Environmental Soil Physics. *Elsevier Academic Press*.
- Jacques, G. (s.d.). Le cycle de l'eau. 161.
- Jones, D. S. (2018). Evaluating the accuracy of evapotranspiration models in Uganda. *Agricultural Water Management*, 210-219.
- Labat, D. (2013). Hydrologie-Cycle de l'eau. Dans *Chimie et environnement* (pp. 1-34). Toulouse: Université Paul Sabatier.
- Lebecherel, L. (2015). Sensibilité de calculs hydrologiques à la densité des réseaux de mesure hydrométrique et pluviométrique. . *Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'Environnement*(NNT: tel-02602066), 281.
- Liang, X., Lettenmaier, D., Wood, E., & Burges. (1994). A Simple Hydrologically Based Model of Land Surface Water and Energy Fluxes for General Circulation Models. . *Journal of Geophysical Research*, D7(99), 14415-14428.
- Makoko, M., & Ndembo, J. (1991). Hydrodynamique des sols de Kinshasa : Les sols du Mont-Amba: caractérisation pédologique, mécanique et stock d'eau des sols. *Revue Congolaise des Sciences Nucléaires*, 12(72-79).
- Mamba, K. T. (2015). Estimation of evapotranspiration using Penman-Monteith and Hargreaves methods in Kisangani. *Hydrological Sciences Journal*, 1225-1234.
- Marsily, G. d. (2005). *le cycle de l'eau*. Fondation la main à la pâte.
- Monteith, J., & Unsworth, M. (1990). Principles of Environmental Physics. *London: Edward Arnold*.
- Mu, Q., & Running, S. (2011). Improvements to a MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration Algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 8(115), 1781-1800.
- Ndembo, L. (2009). Apport des outils hydrogéochimiques et isotopiques à la gestion de l'aquifère de Mont-Amba. *Revue congolaise des Sciences nucléaires*, 22.
- Ndiaye, M. D. (2017). Evaluation de vingt méthodes d'estimation de l'évapotranspiration journalière de référence au Burkina faso. *Physio-Géo*.
- Ndinga, H. M. (2016). Comparison of evapotranspiration estimation methods in the Congo Basin. *Water Resources Management*, 3291-3303.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., & Willi. (2011). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. *Texas Water Resources Institute Technical*(Report No. 406.).
- Nkaba, L. N., Tshimanga, R. M., Meddi, M., & Bola, G. B. (2025). Catchment-based water resources modelling and planning of the transboundary Inkisi River in the Congo Basin. *Hydrological Sciences Journal*, 70(11), 1834–1849. <https://doi.org/10.1080/02626667.2025.2511806>
- Nobel, P. (2005). Physicochemical and Environmental Plant Physiology. *Academic Press*.
- Penman, H. (1963). (1963). "Vegetation and Hydrology". *Commonwealth Bureau of Soils Technical Communication*(53).
- Priestley, C., & Taylor, R. (1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Monthly Weather Review*, 100(2), 81-92.
- Roux, C. (1996). Analyse des précipitations en hydrologie urbaine. Exemple de la Seine-Saint-Denis. *Ecole Nationale des Ponts et Chaussées*, 290.
- Smith, J. B. (2017). Comparaison of Penman-Monteith and Hargreaves methods for

estimating evapotranspiration in Ghana. *Agricultural Science*, 124-135.

Tshimanga, R. (2022). Two decades of hydrologic modeling and predictions in the Congo River Basin: Progress and prospect for future investigations. . *American Geophysical Union – AGU Willey special issue “Congo Basin Hydrology, Climate, and Biogeochemistry*.

Tshimanga, R., & Hugues, D. (2012). *Performance à l'échelle d'un bassin d'un modèle pluie-débit semi-distribué pour les prévisions hydrologiques et l'évaluation des ressources en eau des grands fleuves : le fleuve Congo*.