

Corrélation entre les données météorologiques satellitaires et *in situ* en Haïti: Cas de la pluviométrie et de la température

P. Duvivier, P.J. Duvivier, G. Doréus, R.-P. Tescar, O.N. Carvil, Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) de l'Université d'Etat d'Haïti (UEH)

Auteur correspondant : P. Duvivier (pduvivier@yahoo.com, 509 4892 7202)

Résumé

Duvivier P., Duvivier P.J, Doréus G., Tescar R.-P., Carvil O.N. 2024. Corrélation entre les données météorologiques satellitaires et *in situ* en Haïti: Cas de la pluviométrie et de la température. RED 11 (1): 24 - 27

Cette étude a été réalisée pour évaluer le lien entre les données météorologiques collectées par satellites à longue distance et les mesures locales en stations conventionnelles. La méthode corrélationnelle a été utilisée mettant à profit des données de pluviométrie et de température pour la commune de Delmas provenant de l'Unité Hydro-Météorologique (UHM) et du site du projet *Prediction of Worldwide Energy Resource* (POWER) de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Les résultats ont montré une corrélation significative et positive entre les séries de données des deux sources. Cette corrélation significative indique que les données satellitaires de POWER/NASA peuvent être utilisées pour faire des estimations de pluviométrie et de température locales au besoin en agriculture.

Mots clés : données collectées localement, estimations, unité hydrométéorologique nationale, NASA, POWER, agriculture

Abstract

Duvivier P., Duvivier P.J, Doréus G., Tescar R.-P., Carvil O.N. 2024. Correlation between satellite and *in-situ* meteorological data in Haiti: Case of rainfall and temperature. RED 11 (1): 24 - 27

This study was carried out to evaluate the link between long-range satellites and locally collected in conventional stations weather data. The correlational method was used to analyze rainfall and temperature data for the municipality of Delmas from the national Hydro-Meteorological Unit (UHM) and the Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) project site of the National Aeronautics and Space Administration (NASA). The results showed a significant and positive correlation between the data sets from the two sources. This significant correlation indicates that POWER/NASA satellite data can be used to make estimates of local rainfall and temperature data as needed in agriculture.

Keywords: locally collected data, estimates, national hydro-meteorological unit, NASA, POWER, agriculture

Introduction

Haïti est constitué de 20% de plaine et de 80% de montagne. Moins de 10% des agriculteurs du pays ont accès à l'eau d'irrigation. Les activités agricoles se font essentiellement en montagne en conditions pluviales. Donc, pour une bonne gestion des systèmes agricoles du pays et la compréhension des résultats d'expérimentations agricoles, la connaissance des caractéristiques climatiques locales, en particulier la pluviométrie et la température, est indispensable. Paradoxalement, la plupart des stations météorologiques du pays ne sont pas fonctionnelles.

En 2021, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) a lancé des projets spéciaux de recherche agricole dans le cadre du Programme d'Innovation

Technologique en Agriculture et Agroforesterie (PITAG). Un de ces projets spéciaux, portant sur la mise au point de méthodes innovantes de gestion de la fertilité des sols, a été exécuté par un consortium constitué de l'Alliance Agricole Internationale et de la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) de l'Université d'Etat d'Haïti (UEH) en collaboration avec l'Université de McGill. Dans la mise en œuvre du projet, le consortium a fait face à une absence de données climatiques (pluviométrie et température) des zones d'expérimentation. Pour obtenir ces données, il a recouru au site du projet *Prediction of Worldwide Energy Resource* (POWER) de la *National Aeronautics and Space Administration* (10) pour les zones et les mois où avaient lieu les essais. Il s'agit de données satellitaires.

Comme les satellites ne mesurent

pas directement la pluviométrie et la température, mais ils les estiment à partir de capteurs radiométriques dont ils sont équipés, les biais sont courants. Szczypta (13) avait utilisé un modèle satellitaire pour le suivi des sécheresses du bassin méditerranéen. La comparaison avec des données *in situ* avait montré que le modèle sous-estime les précipitations, les diminuant de 27%, et surestime le rayonnement solaire incident, les augmentant de 7%. Gentemann *et al.* (6) avaient rapporté des erreurs substantielles dans des estimations satellitaires de température à la surface de la mer. Il s'est posé alors la question de l'exactitude des données satellitaires de POWER utilisées dans notre étude comparées à celles qui auraient été collectées en station météorologiques conventionnelles locales. Pour adresser cette question, une étude de corrélation et de régression a été effectuée.

Méthodologie

Sources de données

Des données *in situ* de pluviométrie (valeurs totales mensuelles) et de températures (valeurs moyennes journalières) ont été obtenues auprès de l'unité hydrométéorologique nationale d'Haïti (UHM) pour la commune de Delmas. Les données de pluviométrie ont été disponibles pour l'année 2016 (de janvier à décembre) et celles de température pour l'année 2006 (de janvier à octobre). L'utilisation de données sur une plus longue période (10 ans ou plus) permettrait d'aboutir à des modèles plus robustes, mais les données *in situ* ne sont quasiment pas disponibles à cause du dysfonctionnement des stations météorologiques nationales. C'est pourquoi on a utilisé les données d'une seule année. Les données satellitaires ont été obtenues à partir du site du pro-

jet POWER de la NASA pour la même commune, les mêmes variables et les mêmes périodes.

Le projet POWER rend disponibles ces données climatiques et bien d'autres pour l'intégralité du globe terrestre. Ainsi, nous avons constitué deux séries de pluviométrie et de température (une d'UHM et une de POWER).

Analyse des données

Des graphes ont été construits pour présenter simultanément les données provenant des deux sources. Dans chaque cas, le coefficient de corrélation de Pearson (r) a été calculé puis comparé avec la valeur critique correspondante à un risque d'erreur de type I de 5% et $n-2$ degrés de liberté dans le cadre d'un test unilatéral (5 ; 3). Un test unilatéral à droite ($H_0 : r=0$ et $H_a : r>0$ avec H_0 = hypothèse nulle et H_a =hypothèse alternative) a été choisi au lieu d'un test bilatéral ($H_0 : r=0$ et $H_a : r\neq 0$) parce que logiquement, les données satellitaires et *in situ* doivent varier dans le même sens. Autrement dit, leur corrélation doit être positive.

Le coefficient de corrélation de Pearson (ρ) est une mesure de la force de l'association linéaire entre deux variables X et Y . Il est une normalisation de la covariance des deux variables, $COV(X,Y)$, par le produit de leur écart-type ($\sigma_X \cdot \sigma_Y$), $\rho = COV(X,Y) / \sigma_X \cdot \sigma_Y$. Quand on travaille sur des échantillons, au lieu des lettres grecques ρ et σ , on utilise des

Tableau 1. Niveau de corrélation et coefficient de détermination entre les séries de données du projet Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) et de l'Unité Hydrométéorologique d'Haïti (UHM)

Variable	Degré de liberté	r critique (test unilatéral)	r calculé	Remarque	R ²
Pluviométrie	9	0,58	0,61	Significative	0,37
Température	302	0,17	0,82	Significative	0,68

lettres latines r et S , comme le veut la convention, pour représenter le coefficient de corrélation de Pearson et l'écart-type. Ainsi, la formule devient $r=COV(X,Y)/SX \cdot SY$. La corrélation a été considérée comme significative quand r calculé est supérieur ou égal à r critique ou valeur p inférieure à 5% (11). La relation entre deux séries a été considérée comme faible, modérée ou forte selon que $r \leq 0,4$; $0,4 < r < 0,8$ ou $r \geq 0,8$, respectivement (12). Une analyse de régression a été ensuite effectuée pour élaborer un modèle estimateur (8 ; 2). Le coefficient de détermination (R^2) a été aussi calculé pour apprécier le niveau d'ajustement des points avec le modèle de régression.

Résultats

Pluviométrie

La pluviométrie totale mensuelle a varié de 19,4 à 286,6 mm pour les données de POWER et de 10,81 à 243,04 pour les données d'UHM (Figure 1). Le coefficient de corrélation calculé (+ 0,61) entre les données satellitaires et *in situ* a dépassé la valeur critique correspondante à 5% de probabilité et 9 degrés de liberté qui est de 0,58 (Tableau 1); ce qui indique une corrélation posi-

tive significative entre les deux séries. La force de liaison entre les données *in situ* collectées par UHM de janvier à décembre 2016 et satellitaires fournies par POWER pour la même période a été modérée car $0,4 < r < 0,8$. Ces résultats indiquent que l'équation de régression $y=0,4552x+4,453$ (Figure 2) peut être utilisée pour estimer la pluviométrie locale à partir des données de POWER. Toutefois, la force de liaison entre les données satellitaires et *in situ* étant modérée et le coefficient de détermination n'ayant été que de 0,37 (Tableau 1), le niveau d'ajustement du modèle a besoin d'être amélioré.

Température

La température moyenne journalière a varié de 23,8 à 28,9° C pour les mesures *in situ* de l'UHM et de 24,1 à 30,8°C pour les données satellitaires de POWER (Figure 3). Le coefficient de corrélation calculé (+0,82) a dépassé largement la valeur critique correspondante de 0,17 (Tableau 1). Comme il a été le cas pour la pluviométrie, la corrélation entre les deux séries de température a été positive et significative à 5% de probabilité. La liaison entre les

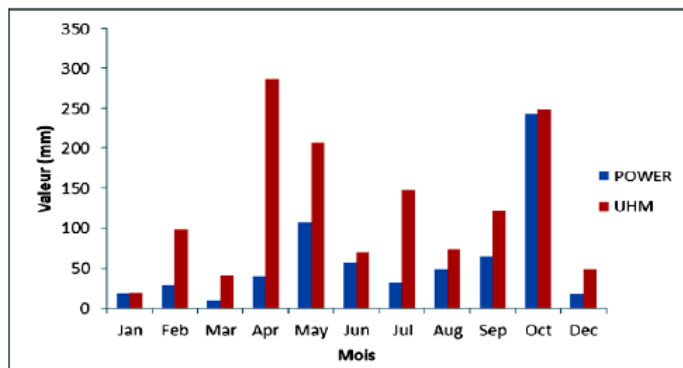


Figure 1. Pluviométrie mensuelle totale de Delmas de janvier à décembre 2016. Sources de données : projet Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) et Unité Hydrométéorologique d'Haïti (UHM)

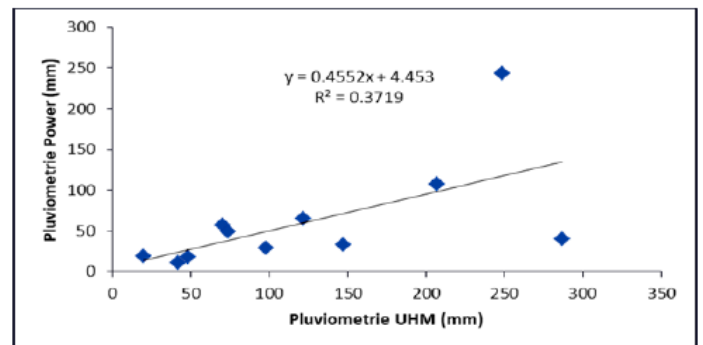


Figure 2. Corrélation entre les pluviométries totales mensuelles de Delmas de janvier à décembre 2016 provenant du projet Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) et de l'Unité Hydrométéorologique d'Haïti (UHM)

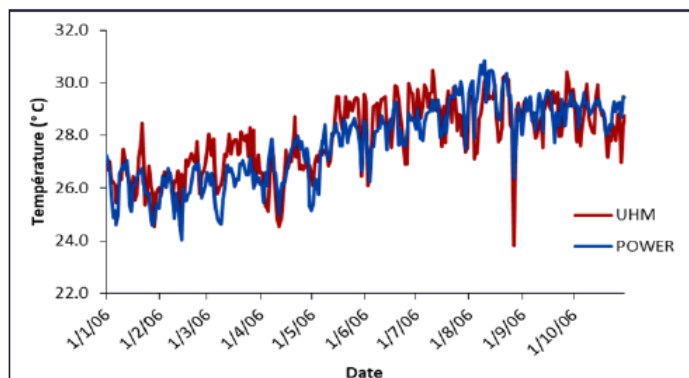


Figure 3. Températures moyennes journalières de Delmas du 1^{er} janvier au 31 octobre 2006 provenant du projet Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) et de l'Unité Hydrométéorologique d'Haïti (UHM)

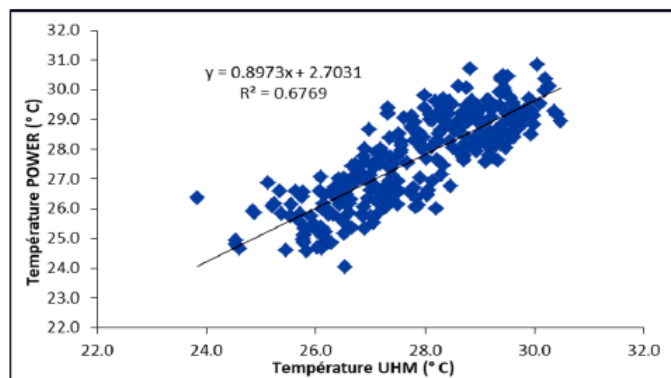


Figure 4. Corrélation entre les températures moyennes journalières de Delmas du 1^{er} janvier au 31 octobre 2006 collectées par le projet Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) et l'Unité Hydrométéorologique d'Haïti (UHM)

deux séries a été forte puisque $r > 0,8$. L'estimation des températures locales à partir de données satellitaires de POWER peut être réalisée en utilisant l'équation de régression $y=0,8973x+2,7031$ avec un bon niveau d'ajustement du modèle ($R^2=0,68$; Figure 4).

Discussion

Il est incontestable que les mesures *in situ* de pluviométrie et de température fournies par les stations météorologiques conventionnelles sont plus fiables que les données satellitaires estimées indirectement à l'aide de capteurs radiométriques. Notre étude a détecté des biais, notamment dans les données de pluviométrie. Les valeurs satellitaires fournies par POWER ont été systématiquement inférieures aux mesures *in situ*. Ce résultat concorde avec ceux de Szczypka (13). Le rôle de l'analyse de régression est de détecter les biais dans les données et de proposer les modèles appropriés pour les corriger.

Compte tenu du dysfonctionnement actuel de la quasi-totalité des stations météorologiques nationales, en attendant leur rétablissement et qu'elles fournissent des données sur une période suffisamment longue pour être exploitables, la base de données POWER et les modèles présentés ci-dessus demeurent une excellente alternative. Il est rassurant que la corrélation entre les données provenant des deux sources

est significative avec une force de liaison allant de modérée à élevée. Ces résultats s'ajoutent de manière concordante à la littérature existante sur les relations entre les données satellitaires et *in situ* dans les domaines de la météorologie, de la climatologie et de l'océanographie. Zapotocny *et al.* (14) rapportent que l'usage de données météorologiques satellitaires et conventionnelles avaient conduit à des résultats similaires dans la prévision des ouragans. Coops *et al.* (1) avaient utilisé des données satellitaires et *in situ* dans l'évaluation de la productivité des forêts en Australie et en Nouvelle Zélande et avaient abouti à des conclusions similaires. Ils avaient trouvé une relation linéaire entre valeur prévue et valeur mesurée de production de bois avec un coefficient de détermination de 0.82. Emery *et al.* (4) rapportent que la calibration des mesures satellitaires à l'aide de régression contre des données *in situ* permet d'estimer la température à la surface de la mer avec une précision de 0.1 à 0.3°C.

Cependant, Hossain et Huffman (7) rapportent que les erreurs associées aux estimations satellitaires de pluviométrie varient dans l'espace et dans le temps. Similairement, selon Martin *et al.* (9), les données globales de températures à la surface de la terre générées par satellites sont importantes, mais leur utilisation à des fins scientifiques doit soigneusement considérer leurs pro-

priétés spatiales et temporelles. Emery *et al.* (4) suggèrent d'effectuer de manière répétée les mesures *in situ* nécessaires à la calibration des données satellitaires. Ainsi, d'autres études sont nécessaires pour tenir compte des variables spatio-temporelles et améliorer les estimateurs tant de la pluviométrie que de la température. La réplication de l'étude tant dans le temps que dans l'espace est d'autant plus nécessaire que Delmas où les données empiriques ont été collectées est une commune majoritairement urbaine.

Conclusion

Les résultats ont montré que, tant pour la pluviométrie que pour la température, une corrélation positive et significative existe entre les mesures empiriques locales et les données satellitaires de POWER avec une force de liaison variant de modérée à élevée. Les données satellitaires peuvent donc être utilisées pour faire des estimations valides de pluviométrie et de température locales à l'aide des modèles de régression proposés pour la contextualisation des résultats de recherche agronomiques ou des prises de décisions en agriculture. Toutefois, vu l'existence et la variation spatiale et temporelle des biais, des études complémentaires sont nécessaires pour améliorer les estimateurs. Un effort de réhabilitation des stations météorologiques nationales est nécessaire pour la collecte des données *in situ*, car sans les données empi-

riques collectées localement, les études corrélationnelles ultérieures ne seront pas possibles.

Références

1. Coops, N. C., Waring, R. H., and Landsberg, J. J. 1998. Assessing forest productivity in Australia and New Zealand using a physiologically-based model driven with averaged monthly weather data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity. *Forest Ecology and Management*, 104(1-3): 113-127. doi: 10.1016/S0378-1127(97)00248-X
2. Costa, V. 2017. Correlation and regression. In: Naghettini, M. (eds) *Fundamentals of Statistical Hydrology*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-319-43561-9_9
3. Crawford, S. L. 2006. Correlation and regression. *Circulation*, 114 (19) : 2083-2088. doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.586495
4. Emery, W. J., Castro, S., Wick, G. A., Schluessel, P. et Donlon, C. 2001. Estimating sea surface temperature from infrared satellite and *in situ* temperature data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(12): 2773-2786. Doi:10.1175/1520-0477(2001)082%3C2773:ESSTFI%3E2.3.CO;2
5. Franzese, M. et Iuliano, A. 2018. Correlation analysis. In *Encyclopedia of bioinformatics and computational biology: ABC of bioinformatics*, 1: 706-721. doi:10.1016/B978-0-12-809633-8.20358-0
6. Gentemann, C. L., Meissner, T. et Wentz, F. J. 2009. Accuracy of satellite sea surface temperatures at 7 and 11 GHz. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1009-1018. doi: 10.1109/TGRS.2009.2030322
7. Hossain, F. et Huffman, G. J. 2008. Investigating error metrics for satellite rainfall data at hydrologically relevant scales. *Journal of Hydrometeorology*, 9(3) : 563-575. doi: 10.1175/2007JHM925.1
8. Ludbrook, J. 2010. Linear regression analysis for comparing two measurers or methods of measurement: but which regression? *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 37 (7): 692-699. doi.org/10.1111/j.1440-1681.2010.05376.x
9. Martin, M. A., Ghent, D., Pires, A. C., Göttsche, F. M., Cermak, J. et Remedios, J. J. 2019. Comprehensive *in situ* validation of five satellite land surface temperature data sets over multiple stations and years. *Remote Sensing*, 11(5), 479. doi: 10.3390/rs11050479
10. NASA. 2024. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) at [https:// power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/](https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/) (consulté le 23 mai 2024 à 3h29 PM)
11. Obilor, E. I. et Amadi, E. C. 2018. Test for significance of Pearson's correlation coefficient. *International Journal of Innovative Mathematics, Statistics & Energy Policies*, 6(1): 11-23. scholar.google.com (consulté le 23 mai 2024 à 3h29 PM)
12. Shi, R. et Conrad, S. A. 2009. Correlation and regression analysis. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 103(4): S34-S41. scholar.google.com (consulté le 23 mai 2024 à 3h29 PM)
13. Szczypta, C. 2012. Hydrologie spatiale pour le suivi des sécheresses du bassin méditerranéen. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002174/> (consulté le 23 mai 2024 à 3h29 PM).
14. Zapotocny, T. H., Jung, J. A., Le Marshall, J. F. et Treadon, R. E. 2007. A two-season impact study of satellite and *in situ* data in the NCEP Global Data Assimilation System. *Weather and Forecasting*, 22(4): 887-909. doi: 10.1175/WAF1025.1