

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338149539>

Analyse spatiale de la corrélation entre les variables thermiques et l'activité végétative des forêts de l'Est Algérien

Article · December 2019

DOI: 10.5281/zenodo.3590377

CITATIONS

0

READS

234

3 authors, including:



Laala Ahmed

Centre universitaire de Mila

10 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Djamel Alatou

University of Constantine 1

30 PUBLICATIONS 109 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



dynamique des massifs forestiers de l'Est algérien [View project](#)



Forest Fire Prevention [View project](#)

Analyse spatiale de la corrélation entre les variables thermiques et l'activité végétative des forêts de l'Est Algérien

Ahmed LAALA^{1,*}, Djamel ALATOU², Amina ADIMI³

^{1*}Département des Sciences de la Nature et de la Vie. Centre Universitaire Abd El-Hafid Bousouf 43000. Mila (Algérie)

²Laboratoire de développement et valorisation des ressources phylogénétiques. Université Mentouri Constantine (Algérie)

³Département de Biologie et Ecologie végétale. Université Farhat Abbas Sétif (Algérie)

Auteur correspondant: laala_sami@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 May 2019

Accepted after corrections:

22 December 2019

Keywords:

Correlation, temperature, NDVI, forest ecosystems, eastern Algerian, MODIS.

ABSTRACT

In this study, an attempt was made to determine the possible relationship between thermal variables and the vegetative activity of eastern Algerian forests using the NDVI spectral index from the MODIS sensor and thermal data (stationary and interpolated) of the decade [2002-2011]. This relationship was determined by calculating the statistical correlation coefficient between the two datasets for each forest ecosystem and for each pixel in the study area. The results obtained show that the best explanatory variable remains the minimum temperature which can explain 48% of the variability of the NDVI index, then comes the maximum temperature with a lesser predictive power (29%). These results confirm that the calculated correlations can be used as indicators of the sensitivity of forest to thermal parameters. Any increase in the latter results in a reduction in the vegetative activity of trees varying according to the ecosystem concerned and the region studied. The maps from this study have enabled us to identify and geolocate spatially the forest plots where the photosynthetic activity of forest species is conditioned by the variation of the minimum and maximum temperatures.

RESUME

Dans cette étude, on a essayé de déterminer d'éventuelle relation entre les variables thermiques et l'activité végétative des forêts de l'Est algérien en utilisant l'indice de végétation NDVI issu du capteur MODIS et les données thermiques (stationnaires et interpolées) de la décennie [2002-2011]. Cette relation a été déterminé en calculant le coefficient de corrélation statistique entre les deux jeux de données pour chaque écosystème forestier et pour chaque pixel de la région d'étude. Les résultats obtenus montrent que la meilleure variable explicative demeure la température minimale qui peut expliquer 48% de la variabilité de l'indice NDVI, vient ensuite la température maximale avec un pouvoir prédictif de moindre importance (29%). Ces résultats confirment que les corrélations calculées peuvent être utilisées comme indicateurs de sensibilité des massifs forestiers aux paramètres thermiques. Toute augmentation de ces dernières engendre une réduction de l'activité végétative des arbres variant en fonction de l'écosystème concerné et la région étudiée. Les cartes issues de cette étude nous ont permis d'identifier et de géolocaliser spatialement les parcelles forestières où l'activité photosynthétique des essences forestières est conditionnée par la variation des températures minimales et maximales.

Mots-clés : corrélation, température, NDVI, écosystèmes forestiers, Est algérien, MODIS.

1. Introduction

La télédétection est utilisée de manière croissante par les scientifiques dans l'étude et le suivi de la végétation. Pour le domaine forestier, elle permet la cartographie de la végétation forestière et sa dynamique dans le temps (Woodcock et al., 2001; Rees et al., 2003), l'estimation de la biomasse et la productivité (Lu, 2006; Zhu et al., 2017), l'étude des dépérissements des couverts forestiers (Hasegawa et Mukai, 2000; White et al., 2005) et la cartographie des zones brûlées (Chuvienco et al., 2008; Arfa, 2019).

L'indice de végétation de différence normalisée (NDVI), fourni par les images satellitaires, est une approche empirique pour mesurer l'activité photosynthétique des plantes, dans la mesure où une dégradation de la végétation se traduirait par une diminution de la valeur de cet indice. Il repose sur le fait qu'un couvert végétal absorbe l'énergie dans la bande du rouge par la chlorophylle de la plante et réfléchit beaucoup dans la bande du proche infrarouge (Robin, 2002).

L'indice NDVI représente une mesure de la capacité photosynthétique de la canopée et la vitalité de la végétation (Genovese et al., 2001). Il est d'ailleurs bien corrélé à l'indice foliaire et à la production primaire nette (Prince et al., 1998). Plusieurs travaux ont montré que l'NDVI est affecté par les variations des paramètres climatiques et particulièrement par les précipitations et les températures (Hao et al., 2012; Kumar et al., 2013). Ces facteurs jouent un rôle important dans la croissance, le développement et la répartition de la végétation naturelle (Suzuki et al., 2006). Kawabata et al. (2001) étudient la tendance annuelle et saisonnière de l'activité de la végétation mondiale et sa relation avec la température et les précipitations. Les résultats obtenus montrent une tendance positive de l'activité végétative dans les régions de moyenne et de hautes latitudes. D'après ces auteurs

cette situation résulte d'une augmentation progressive de la température au niveau ces régions. [Nicholson et al. \(1990\)](#) ont étudié également la réponse de la végétation du Sahel et de l'Afrique de l'Est aux précipitations. Ils ont constaté une forte corrélation entre l'NDVI et la variation des précipitations à l'échelle saisonnière et annuelle pour les régions caractérisées par une tranche pluviométrique annuelle comprise entre 200-1200mm.

L'identification de la relation entre la biomasse végétale et les conditions climatiques des milieux est indispensable pour comprendre les influences de la variabilité climatique sur les écosystèmes forestiers. En Algérie, la rareté des études scientifiques qui analysent et cartographient spatialement cette relation pour chaque massif forestier est remarquable vu la disponibilité des données et des outils tels que le SIG et la télédétection. Dans cette optique, la présente étude vise à déterminer la corrélation entre les températures (minimales et maximales) et l'activité photosynthétique de la végétation forestière de l'Est algérien, tout en essayant de la cartographier via le système d'information géographique (SIG).

2. Présentation de la région d'étude

La région d'étude est localisée dans la partie Nord-Est du territoire algérien (Fig.1). Elle est située entre les latitudes 34°31'15" et 37°5'24" Nord et les longitudes 4°19'57" et 8°41'2" Est. Ce territoire englobe 15 wilayas aux caractères géographiques bien différents avec une distance d'environ 266 km du Nord au Sud et de 368 km en moyenne d'Est en Ouest. L'intérêt majeur de cette région d'étude réside, pour nous, dans le fait qu'elle renferme une importante superficie forestière estimée à 1767720 ha, ce qui représente 43.1% de la surface forestière totale de la nation ([Meddour-Sahar et Bouisset, 2013](#)).

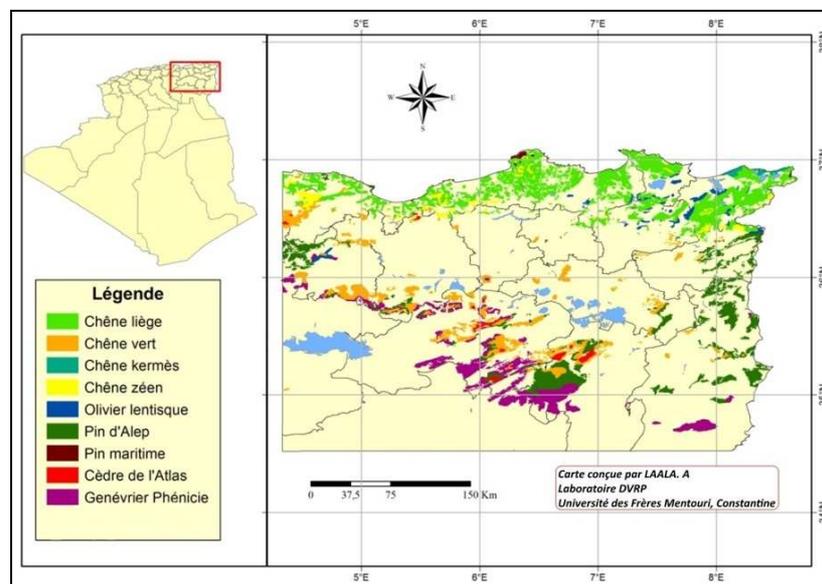


Fig.1. Principaux écosystèmes forestiers de l'Est algérien

3. Matériels et méthodes

3.1. Données utilisées

3.1.1. Les données thermiques

Les données thermiques stationnaires, utilisées dans cette étude, proviennent des 15 stations météorologiques pour une période de 10 ans [2002-2011]. Ces stations fournissent des données thermiques complètes par rapport à d'autres stations qui possèdent des données lacunaires ou manquantes.

Par ailleurs, nous disposons des données thermiques interpolées de la décennie [2002-2011] qui se présentent au pas de temps annuel sur une maille de 90x90m. La méthode d'interpolation suivie est fondée sur une régression multiple entre la variable à expliquer (la température) et les variables explicatives (les variables géospatiales tels que : l'altitude, la pente, l'orientation des versants, la convexité ou la concavité du relief, la latitude, la distance qui sépare chaque pixel de la forêt la plus proche. Cette démarche est complétée par une technique géostatistique de krigeage qui permet d'interpoler les résidus issus de cette régression. Davantage de détails concernant cette méthode sont disponibles dans notre étude publiée récemment dans la revue "La Météorologie" ([Laala et Alatou, 2017](#)).

3.1.2. L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

Parmi les satellites disponibles, nous avons utilisé la base de données de MODIS-Terra, fournies par la NASA, pour extraire les données bimensuelles de NDVI de la période [2002-2011]. Notre choix est fondé sur la périodicité, la disponibilité et la gratuité de ces images satellitaires qui sont disponibles en accès libre sur le site <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb>.

Le site fournit ces images satellitaires sous forme de cartes bimensuelles générées par la technique de synthèse temporelle dite MVC (Monthly Maximum Value Composite), fondée sur la recherche de la valeur maximale de NDVI sur chaque intervalle de 15 jours. Ces images ont déjà bénéficié d'une correction géométrique et atmosphérique à haute précision grâce à un capteur spécifique embarqué sur la plateforme TERRA (Vermote et al., 2002).

3.1.3. Les données d'occupation du sol

Les données d'occupation du sol sont tirées des cartes forestières, fournis dans un format papier par la Direction Générale des Forêts (DGF), sur lesquelles on distingue neuf écosystèmes forestiers au niveau de l'Est algérien (Tab.1). Ces cartes ont été scannées en format TIFF avec une résolution de 600 dpi.

Tab.1. Liste des essences forestières dominantes au niveau de l'Est algérien

	Essences forestières	Noms scientifiques
Résineux	Pin d'Alep	<i>Pinus halepensis</i>
	Pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>
	Cèdre de l'atlas	<i>Cedrus atlantica</i>
	Genévrier de Phénicie	<i>Juniperus phoenicea</i>
Feuillus	Chêne liège	<i>Quercus suber</i>
	Chêne vert	<i>Quercus ilex</i>
	Chêne zéen	<i>Quercus canariensis</i>
	Chêne kermès	<i>Quercus coccifera</i>
	Olivier lentisque	<i>Oleo-Lentiscetum</i>

3.2. Matériels logistiques

3.2.1. Logiciel ENVI 4.3

Le logiciel ENVI (Environnement for visualising image), élaboré par la société «ITTVIS», est un logiciel de télédétection et de traitement d'image. Il comporte des fonctions et des outils pour la visualisation, le géoréférencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires.

3.2.2. Logiciel ArcGIS9.2

Ce logiciel SIG, développé par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute), contient de nombreuses fonctions et outils utilisés pour le traitement et l'analyse des données rasters et vectorielles.

3.3. Méthodes de traitement des données

3.3.1. Ré-échantillonnage des rasters thermiques

Dans un premier temps nous avons adapté et ré-échantillonné chaque raster thermique, issu de l'interpolation des températures annuelles, à la même maille que celles des images satellitaires MODIS, passant ainsi de 90m à 250m. Cette technique permet le croisement, sous SIG, de ces sources de données.

3.3.2. Prétraitement des images satellitaires MODIS

a) La ré-projection

Les 240 images satellitaires de la période [2002-2011] ont été reprojétés, sous le logiciel ENVI4.7, en utilisant le système de coordonnées projetée UTM (Universal Transverse Mercator) zone 32 Nord.

b).Le masque

Un masque a été créé sous l'ENVI afin de retirer les pixels n'ayant pas d'intérêt à être étudiés qui correspondent aux zones non forestières (Fig.2). L'application de ce masque sur toutes les images satellitaires permet de réduire le temps d'exécution des calculs.

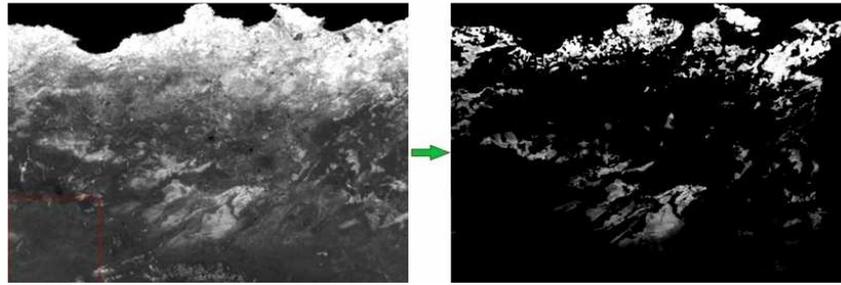


Fig.2. Image satellitaire MODIS (acquise le 01/06/2002) avant et après l'application du masque

3.3.3. Géoréférencement et vectorisation des forêts

Les cartes forestières digitalisées ont été géoréférencées, sous le logiciel ArcGIS, en utilisant la même projection adoptée pour les images satellitaires. Une couche des vecteurs a été créée au format Shape qui contient plus de 6000 polygones délimitant les massifs forestiers de l'Est algérien. Les pixels satellitaires qui coïncident avec les vecteurs des forêts, situées à 30km autour des stations météorologiques, ont été sélectionnés pour évaluer la corrélation entre l'NDVI de chaque écosystème forestier et les variables thermiques (Fig.3).

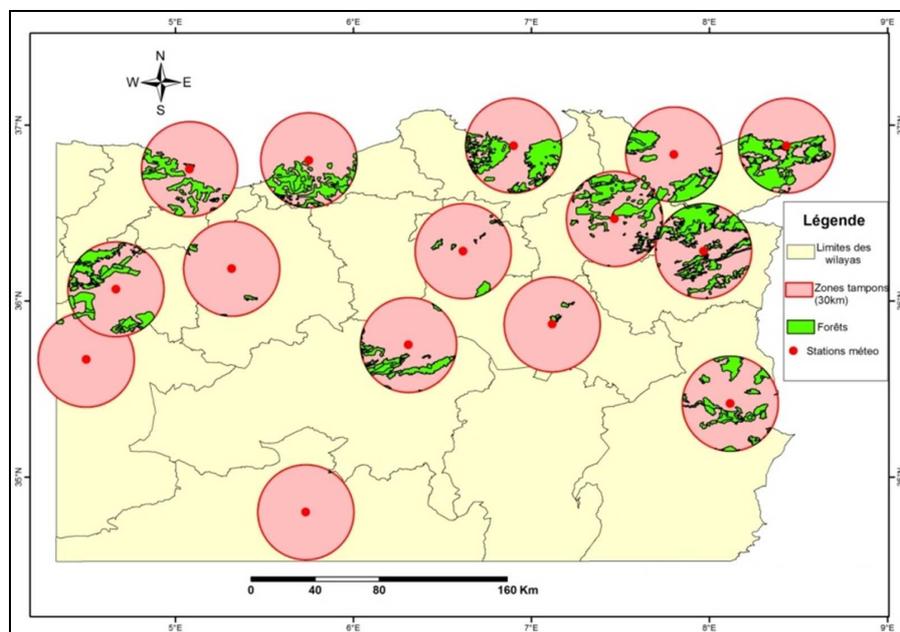


Fig.3. Zones tampons (Buffer) de 30km de rayon autour des stations météo

3.3.4. Méthode d'estimation de la corrélation

Le coefficient de corrélation (r) de Bravais-Pearson (Pearson, 1896) a été calculé entre la température et l'NDVI des forêts selon la formule suivante:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)(y_i - m_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - m_y)^2}}$$

Avec: x_i et y_i : sont les valeurs des variables X et Y ; m_x et m_y : les moyennes des deux variable X et Y ;

n : le nombre d'observation ou la taille de l'échantillon

4. Résultats et discussion

4.1. Corrélation entre l'NDVI et les paramètres thermiques

4.1.1. Au niveau des forêts tampons

Cette partie illustre les résultats issus de l'analyse de la corrélation entre les valeurs thermiques stationnaires et celles de l'NDVI des forêts situées à 30km autour des stations météorologiques. Une corrélation significative et très fortement négative a été observée entre les températures minimales et l'NDVI des forêts de la wilaya de

Constantine (-0.74), Batna (-0.72) et Oum El-Bouaghi (-0.75) (Fig.4). Une corrélation identique, mais de moindre intensité ($r < -0.69$), s'observe pour les massifs forestiers de la wilaya d'El-Tarf et Bordj Bou-Arredj. Le reste des wilayas affichent des corrélations non significatives entre les deux variables étudiées.

Concernant la température maximale, les résultats révèlent une corrélation significativement négative entre ce paramètre et l'NDVI des écosystèmes forestiers de la wilaya de Souk-Ahras (-0.8), Oum El-Bouaghi (-0.77) et Guelma (-0.66). Les autres wilayas marquent des valeurs non significatives.

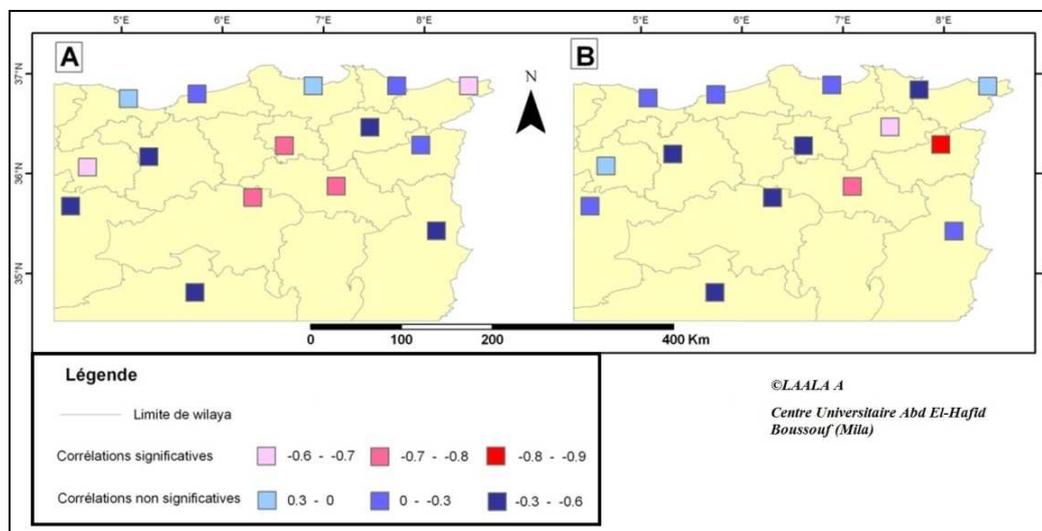


Fig.4. Corrélation entre NDVI et les températures stationnaires (A: minimales, B maximales)

4.1.2. Pour chaque écosystème forestier

Dans cette partie, nous avons essayé de déterminer la corrélation entre les températures et l'activité végétative de chaque écosystème forestier considéré comme spatialement homogène en moyennant les valeurs de ces deux variables pour chaque essence forestière. On constate, d'après la figure 5, que quelle que soit l'écosystème forestier étudié, le coefficient de corrélation est toujours négatif entre l'NDVI et les températures. Il oscille entre -0.77 et -0.27, reflétant une plus grande variation de degrés de sensibilité de la végétation forestière de l'Est algérien aux variations thermiques.

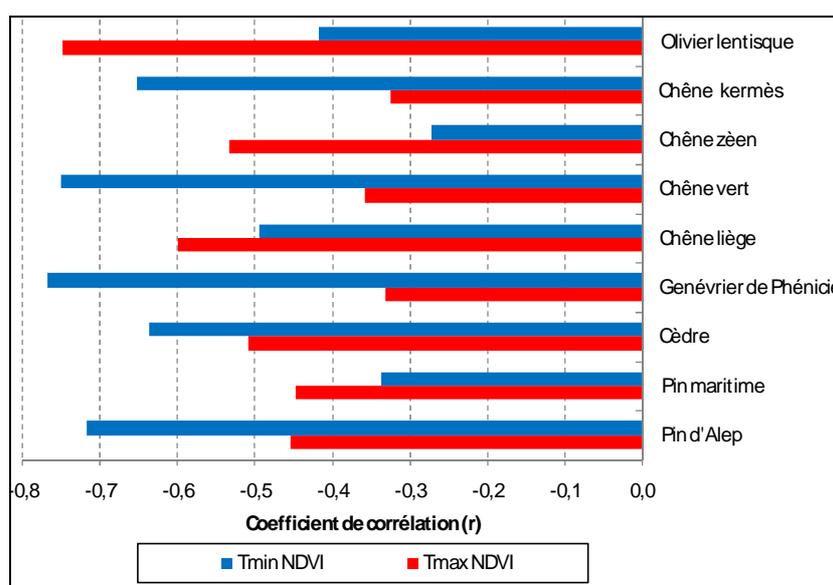


Fig.5. Corrélation entre la température et l'NDVI des écosystèmes forestiers

Tous les résineux présentent la température minimale comme la meilleure variable explicative de la variation de l'NDVI sauf le pin maritime où le modèle linéaire montre que la température minimale peut expliquer seulement 11% de la variance de l'NDVI. Ainsi, l'NDVI du pin d'Alep est conditionné par la variation de la

température annuelle minimale qui explique 52% de son variation. Lorsque la température minimale annuelle diminue de 6°C durant l'année 2002 à 5°C durant l'année 2011, la valeur de l'indice NDVI de l'espèce augmente de 0.49 à 0.53, soit une hausse de 4%. En ce qui concerne les feuillus, la meilleure variable explicative est la température maximale pour le chêne liège, le chêne zéen et l'olivier lentisque. Elle peut expliquer jusqu'à 56% de la variation de l'NDVI de ces écosystèmes forestiers. Nous avons également noté que le pin maritime, le chêne liège, le chêne zéen et l'olivier lentisque sont considérées comme des essences forestières indifférentes à la variation de la température minimale. Donc, il semblerait que ce paramètre thermique ait une importance minime par rapport aux températures maximales. D'autre part, les résineux comme le pin d'Alep, le pin maritime et le genévrier de Phénicie sont des essences thermophiles indifférentes à la variation des températures maximales. En fait, une hausse des températures maximales ne serait pas un frein à la croissance de ces espèces.

4.1.3. Pour chaque pixel forestier

L'étude de la corrélation en moyennant les valeurs des variables étudiées cache la variabilité spatiale de ce paramètre statistique, pour cela on a essayé de le cartographier pour chaque pixel forestier d'une résolution de 250m. La figure 6 montre que la moitié des forêts de l'Est algérien affiche une corrélation significative et fortement négative entre la température minimale et l'indice NDVI. Ce type de corrélation caractérise les massifs forestiers de la Calle, El-Ksob, El Frine, El Oubeira, Khannguet Aoun, Ouerda, Oued Soudan, Fedj El Makta, Bouredine, Djebel Boukhadra, Bou Rbaia, la forêt domaniale de Ouled Abd El-Nour, Dreat, Mansourah, ainsi que toute la surface forestière de la wilaya de Batna, Khenchela et Oum El Bouaghi. Dans cette situation, l'augmentation de la température minimale provoque une baisse remarquable des valeurs du NDVI, ce qui nous indique que, dans les régions arides et semi-arides, la température minimale est le facteur limitant qui conditionne le fonctionnement de l'activité photosynthétique des feuilles.

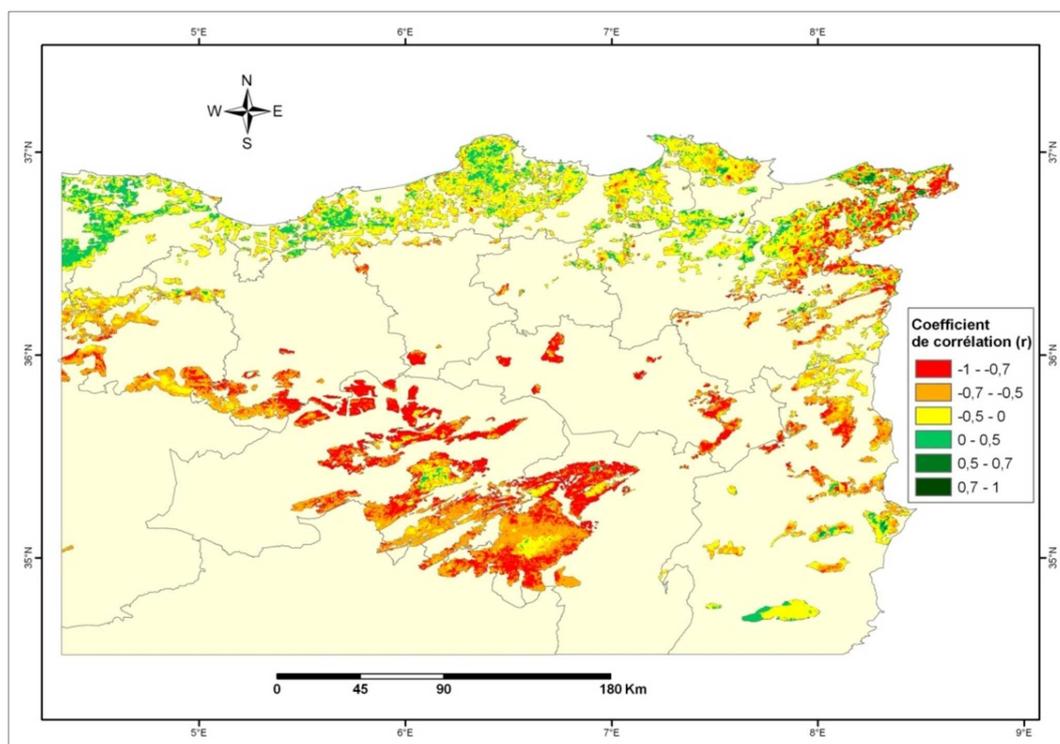


Fig.6. Coefficient de corrélation spatialisé entre la température minimale et l'NDVI des écosystèmes forestiers de l'Est algérien (période 2002-2011)

D'autre part, près de 49.2% de la surface forestier de l'Est algérien affiche une corrélation non significative. Dans ce cas la température minimale ne paraît pas importante pour la végétation forestière des régions côtières. Au maximum, elle explique seulement 25% de la variation du NDVI, le 75% de la variance peut être attribuée à l'intervention d'autres facteurs. Ainsi, une très faible superficie forestière estimée à 8162.5ha, appartienne à la forêt de Feid El Rarnoug et d'El Frine (wilaya d'El-Taref), affiche une corrélation significativement positive (Fig.6). Elle représente seulement 0.5% de la superficie forestière totale de l'Est algérien. Les zones forestières où la production de la biomasse végétale est faible correspondent aux régions relativement froides. Cette situation résulte de l'augmentation progressive de la température durant la saison de croissance qui provoque une nette amélioration de la photosynthèse.

En termes des écosystèmes forestiers, 84.9% de la surface forestière du génévrier de Phénicie affiche une corrélation négative entre les deux variables étudiées. Il est suivi par le chêne vert (75.7%), le pin d'Alep (65.9%), le cèdre (54.3%) et le chêne kermès (40.8%) (Fig.7). Au niveau de ces écosystèmes, plus les températures minimales augmentent, plus la production de la chlorophylle et la biomasse végétale s'abaissent et vice-versa.

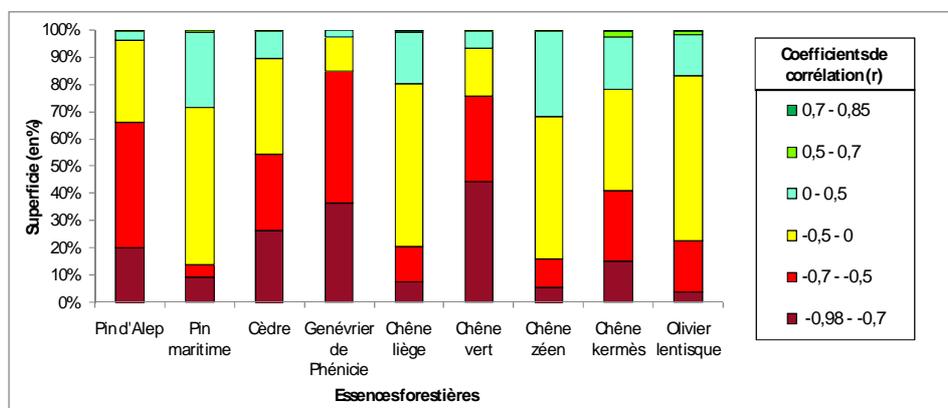


Fig.7. Superficie (en%) des écosystèmes forestiers selon les différentes classes de corrélation calculée entre la température minimale et l'NDVI

La figure 8 présente une spatialisation de la corrélation calculée entre la température maximale et l'activité photosynthétique de la végétation forestière de l'Est algérien.

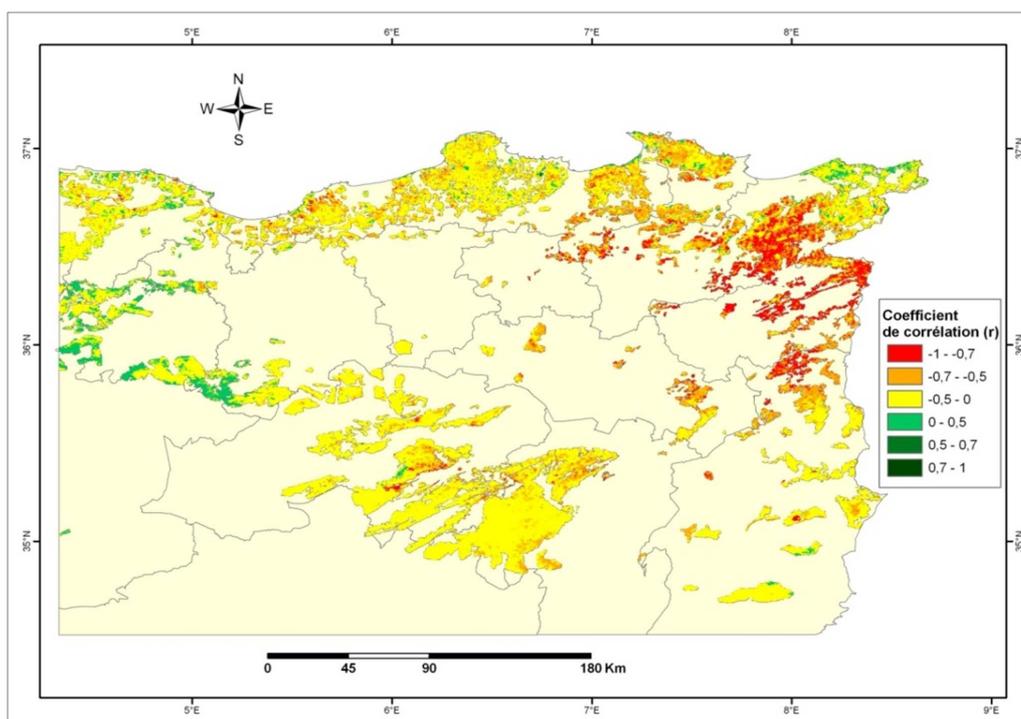


Fig.8. Coefficient de corrélation (r) entre la température maximale et l'NDVI des écosystèmes forestiers de l'Est Algérien (période 2002-2011)

Une corrélation significative et fortement négative est observée entre la température maximale et l'NDVI des massifs forestiers localisés particulièrement dans le Nord-Est de la région d'étude (Fig.8) tels que la forêt d'Ouerda, Oued Soudan, Fedj El Makta, Rezgoune, Bouredine, Mahbouba, Djbel Graout, Ain El-Kelb, Beni Ahmed et Beni Mezzeline. Cette corrélation négative caractérise 27.6% de la surface totale des forêts étudiée (soit 78162 pixels forestiers).

Il ressort aussi d'après le dénombrement des pixels que la classe de corrélation significativement positive est négligeable et ne représente que 0.06% de la surface totale des écosystèmes forestiers étudiés. D'autre part, une vaste superficie forestière, estimée à 70.8%, est caractérisée par une corrélation non significative. Elle se

concentre dans le Sud et l'Ouest de la région d'étude (Fig.8). Cette remarque suggère qu'au niveau de ces zones, l'indice NDVI est indifférent à la variation de la température maximale, il se peut que des variables climatiques autres que la température maximale aient une meilleure corrélation avec le NDVI.

Pour les feuillus, la corrélation significativement négative caractérise 56.14% de la surface totale de l'olivier lentisque. Quant aux résineux, cette superficie est de 32% pour le cèdre et le pin d'Alep (Fig.9).

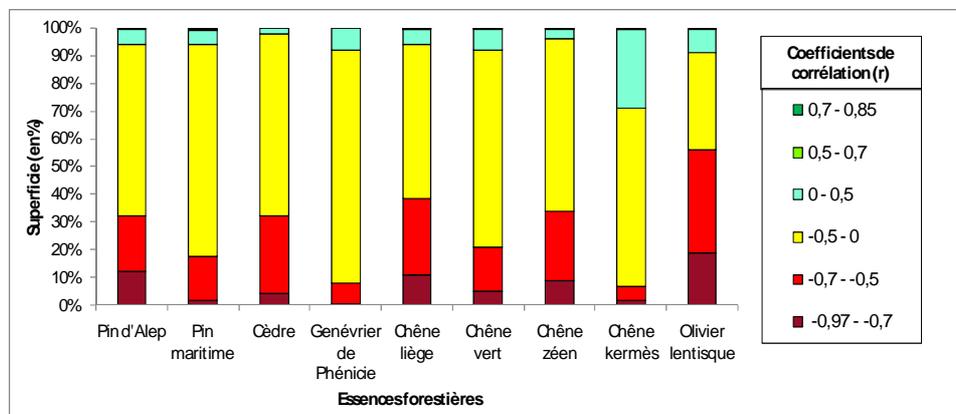


Fig. 9. Superficie (en%) des écosystèmes forestiers selon les différentes classes de corrélation calculée entre la température maximale et l'NDVI

5. Conclusion

Les résultats obtenus montrent l'importance du lien statistique entre l'activité photosynthétique de la végétation forestière et les paramètres thermiques. Ils confirment l'effet prépondérant des températures minimales sur la vitalité et le fonctionnement des forêts. On peut la considérer donc comme un facteur limitant qui conditionne de ce fait la répartition et la productivité des écosystèmes forestiers de l'Est algérien. Toute augmentation de cette température par rapport à la moyenne entraîne une diminution importante de l'activité photosynthétique des feuilles des arbres qui se traduit par une chute significative des valeurs de l'indice NDVI. Cette corrélation négative peut être expliquée par la forte covariance négative existant entre les températures et les précipitations. Ces résultats obtenus à l'échelle moyenne de chaque écosystème forestier sont en adéquation avec ceux calculés à l'échelle de chaque pixel.

Au terme de cette étude, on peut dire qu'il est possible de dériver une information pertinente sur la végétation forestière de l'Algérie orientale à partir de l'utilisation des images satellitaires et les différentes techniques du système d'information géographique (SIG). Les cartes issues de cette étude se heurtent néanmoins à des faiblesses sur le plan de la précision géographique. Un certain nombre de formations forestières (maquis, garrigues,...) ne figurent pas dans ces cartes. Ces points faibles sont imputables à l'insuffisance des données de référence, tant en termes d'exhaustivité (absence de données détaillées sur certaines wilaya) qu'en termes d'homogénéité (cartes de végétation et données thermiques issus de différents institutions et organismes, échelles d'analyse différentes).

Références Bibliographiques

1. Arfa A.M.T., 2019. Application du SIG et de la télédétection pour un outil cartographique d'aide à la gestion des feux de forêts dans la wilaya d'El Tarf. Thèse de doctorat en science, Ecologie et environnement, Université des Frères Mentouri Constantine, 230p.
2. Chuvieco E., Englefield P., Trishchenko A. P., and Luo Y., 2008. Generation of long time series of burn area maps of the boreal forest from NOAA- AVHRR composite data. *Remote Sensing of Environment.*, 112: 2381–2396.
3. Genovese G., Vignolles C., Nègre T., Passera G., 2001. A methodology for a combined use of normalised difference vegetation index and CORINE land cover data from crop yield monitoring and forecasting. A case study on Spain". *Agronomie.*, (21): 91-111.
4. Hao F., Zhang X., Ouyang W., Skidmore A. K., Toxopeus A. G., 2012. Vegetation NDVI Linked to Temperature and Precipitation in the Upper Catchments of Yellow River. *Environ Model Assess.*, 17: 389–398.
5. Hasegawa I. and Mukai Y., 2000. Extraction of Damaged Areas of Windfall Trees by Typhoons Using Landsat TM Data. *International Journal of Remote Sensing.*, 21(4), 647-654.

6. Kawabata A., Ichii K., Yamaguchi Y., 2001. Global monitoring of interannual changes in vegetation activities using NDVI and its relationships to temperature and precipitation. *International Journal of Remote Sensing.*, 22(7): 1377-1382.
7. Kumar L. T. V., Rao Koteswara K., Barbosa H., Jothi E. P., 2013. Studies on spatial pattern of NDVI over India and its relationship with rainfall, air temperature, soil moisture adequacy and ENSO. *GEOFIZIKA.*, 30: 1-18.
8. Laala A., Alatou D., 2017. Interpolation spatiale des températures mensuelles en Algérie orientale. *La Météorologie.*, 98: 45-51.
9. Lu D., 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing.*, 27: 1297-1328.
10. Meddour-Sahar O., Bouisset C., 2013. Les grands incendies de forêt en Algérie: problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques. *Méditerranée.*, 121: 33-40.
11. Nicholson S. E., Davenport M. L., Malo A. R., 1990. A comparison of the vegetation response to precipitation in the Sahel and East Africa, using normalized difference vegetation index from NOAA AVHRR. *Climatic Change*, 17(2): 209-241.
12. Pearson K., 1896. Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, Heredity and Panmixia, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 187, 253–318.
13. Prince S.D., Brown M.E., Kravitz L.L., 1998. Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive sahelian desertification. *Global Change Biology*, (4): 359-374.
14. Rees W. G., Williams M., Vitebski P. V., 2003. Mapping land cover change in a reindeer herding area of the Russian arctic using Landsat TM and ETM+ imagery and indigenous knowledge. *Remote Sensing of the Environment.*, 85: 441-452.
15. Robin M., 2002. Télédétection : Des satellites au SIG. Une analyse complète du processus de création d'un type essentiel d'information géographique. Nathan Université, 318p.
16. Suzuki R., Xu J., Motoya K., 2006. Global analyses of satellite-derived vegetation index related to climatological wetness and warmth. *Int. J. Climatol.*, 26: 425–438.
17. Vermote E.F., El Saleous N.Z., Justice C.O., 2002. Atmospheric correction of MODIS data in the visible to middle infrared: first results. *Remote Sensing of Environment*, 83: 97-111.
18. White J. C., Wulder M. A., Brooks D., Reich R., Wheate R. D., 2005. Detection of Red Attack Stage Mountain Pine Beetle Infestation With High Spatial Resolution Satellite Imagery. *Remote Sensing of Environment*, 96: 340-351.
19. Woodcock C., Macomber S., Pax Leney M., Cohen W., 2001. Monitoring large areas for forest change using LANDSAT: generalization across space, time and LANDSAT sensors. *Remote Sensing of the Environment*, 78: 194-203.
20. Zhu, J.; Huang, Z.; Sun, H.; Wang, G. 2017. Mapping Forest Ecosystem Biomass Density for Xiangjiang River Basin by Combining Plot and Remote Sensing Data and Comparing Spatial Extrapolation Methods. *Remote Sens.*, 9 (3): 241-258.

Please cite this Article as:

Laala A., Alatou Dj. et Adimi A., 2019. Analyse spatiale de la corrélation entre les variables thermiques et l'activité végétative des forêts de l'Est Algérien. *Agric. For. J.*, 3(2): 95-103.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3590377>