

Analyse spatio-temporelle de l'indice de végétation NDVI calculé à partir des images satellites NOAA et MSG

Abdelhak Razagui ^{1*} et Nour El Islam Bachari ^{2†}

¹ Département de Physique, Faculté des Sciences,
Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf,
B.P 1505, El M'Nouar, 31000, Oran, Algérie

² Département de l'Environnement, Faculté de Biologie
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
B.P. 32 El'Alia, 16111, Bab Ezzouar, Alger, Algérie

(reçu le 15 Août 2014 – accepté le 30 Septembre 2014)

Résumé - Ce travail a pour objectif de dresser un état du lieu sur la variabilité du couvert végétal à travers le territoire de l'Algérie. Pour réaliser ce travail, la donnée de base utilisée est l'indice de végétation normalisée NDVI. A partir de ces images, NDVI décadaire du satellite NOAA, l'analyse statistique nous montre globalement une alternance interannuelle des maximums mais la tendance reste stationnaire sur toute la période. Des anomalies négatives de l'ordre de 0.1 sont enregistrées sur l'ensemble des régions proches côtières, contrairement des anomalies significatives positivement sont enregistrées sur les Aurès. Les valeurs de l'écart type sont nettement faibles par rapport à la climatologie sur toutes les régions. Pour le mois de juillet de la même année, le couvert végétal a nettement reculer plus au nord et les fortes valeurs sont observées sur les montagnes du centre, de l'Est et de l'extrême est de l'Algérie. La comparaison des valeurs NDVI calculées à partir des images météosat (MSG) montre bien une sous-estimation par rapport à celles calculées à partir NOAA AVHRR. MSG reste encore non adapter pour le suivi de la végétation éparses ou de type saharienne non étoffées et bien localisées.

Abstract - The aim of this research is to take stock of the place on the variability of vegetation cover through the territory of Algeria. Achieve a goal the basic data used is normalized vegetation index NDVI. From these NDVI images from NOAA statistical analysis shows overall inter-annual alternation of maximums but the trend remains stationary throughout the period. Negative anomalies of the order of 0.1 is recorded on all coastal regions near, unlike material misstatements positively are recorded on the Aures. The values of the standard deviation are significantly low compared to the climatology of all regions. For the month of July of the same year, the canopy has definitely reduced the northernmost and highest values are observed in the mountains of central, eastern and far eastern Algeria. Comparing NDVI values calculated from the meteosat (MSG) image shows an underestimation compared to those calculated from NOAA AVHRR. MSG is still not fit for monitoring sparse vegetation or non-fleshed and well localized Saharan kind.

Keywords: NDVI Images - Satellite NOAA - Satellite Meteosat - Statistical analysis.

1. INTRODUCTION

Le suivi spatio-temporel de la couverture végétale du sol dans les régions arides et semi-arides de l'Algérie à l'aide d'imageries satellitaires est d'une importance capitale pour un inventaire régional de ce couvert végétal, ainsi que sa variation spatiale et interannuelle.

Les conséquences qui en découlent à travers cette variation peuvent être irréversibles sur l'état de dégradation du sol (Defries *et al.*, 2000; Bannari *et al.*, 1995).

* a_razagui@yahoo.fr

† bachari10@yahoo.fr

La question qui mérite bien d'être posée: est-ce que le déficit pluviométrique enregistré est responsable de la dégradation de l'état du sol, ou au contraire c'est la dégradation causée par l'action humaine à une grande échelle, telle que l'exploitation intensive des forêts qui est responsable de ces changements climatiques.

Nous essayons d'utiliser les images satellite dans le but d'en extraire un paramètre clé dans le suivi et la cartographie du couvert végétal, qui est l'indice de végétation normalisé. Nous avons étudié statistiquement sur une période de 22 ans les indices de végétation décennaux issus de la base de données de la NOAA (Tucker *et al.*, 2005).

En deuxième lieu, nous avons essayé d'évaluer l'intérêt des données du capteur SEVIRI des satellites géostationnaires, Météosat Seconde Génération (MSG) pour justement le suivi en temps réel de la végétation des zones arides et semi-arides. La zone d'étude couvre toutes les régions nord et intérieures de l'Algérie.

2. INDICE DE VEGETATION NDVI

L'indice de végétation est un indicateur de l'activité chlorophyllienne de la végétation. Il varie entre 0 pour surface désertique et 1 pour les forêts denses. Sa formule est donnée par l'expression suivante comme étant la différence entre les réflectances dans le visible et le proche infrarouge.

$$NDVI = \frac{R(NIR) - R(VIS)}{R(NIR) + R(VIS)} \quad (1)$$

Où $R(VIS)$, est la réflectance dans le canal visible $0.6 \mu m$ et $R(NIR)$ est la réflectance dans le canal proche infrarouge $0.8 \mu m$. Généralement, cette expression utilisant la réflectance à limite de l'atmosphère est corrigée des effets d'absorption et de transmission atmosphérique. De nombreuses études ont montré la variation de l'indice de végétation avec l'angle zénithal solaire et satellitaire (Tian *et al.*, 2010, Antoine *et al.*, 1992). L'indice des études pour les angles zénithaux satellitaires et la variation de l'angle zénithal solaire cette valeur est corrigé comme suit:

$$NDVI_{cor} = \frac{R_{cor}(NIR) - R_{cor}(VIS)}{R_{cor}(NIR) + R_{cor}(VIS)} \quad (2)$$

Où,

$$R_{cor} = R_{top} \times \frac{BDRF(0, 0, 0, \text{surface_type})}{BDRF(\theta_s, \theta_v, \varphi, \text{surface_type})} \quad (3)$$

R_{top} est la valeur actuelle de la réflectance à la limite de l'atmosphères et θ_s , θ_v , φ sont respectivement l'angle zénithal solaire, l'angle zénithal et azimutale satellitaire.

3. DONNEES UTILISEES

Dans ce travail, nous avons utilisé des données du satellite NOAA déjà préparées et des données du satellite Météosat (MSG) que nous avons nous-mêmes créées.

3.1 Données NDVI du satellite NOAA

Les données NDVI du capteur AVHRR du satellite à défilement NOAA acquises depuis 1982 sur l'ensemble du globe sont disponibles à partir de l'IRI (International Research Institute for Climate and Society). Les données sont inter-calibrées par les

données du satellite français SPOT. La résolution de base de ces données est de 1 km, puis elles ont été échantillonnées. Les données ont été téléchargées sous format texte avec les caractéristiques suivantes (**Tableau 1**).

Le domaine téléchargé est représenté sur la figure 1. Couvrant toute l'Algérie, le Maroc et la Tunisie, les données couvrent la période Juillet 1982 à Décembre 2003, avec une fréquence décadaire, et une résolution spatiale de 8 km (Tucker *et al.*, 2005). Les données d'NDVI relatives à l'Afrique NDVI sont disponibles sur le serveur FEWS/ADDS et NASA/GIMMS et sont accessibles par téléchargement auprès du site Internet de l'Université de Colombia, <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>.

Tableau 1: Caractéristiques des données NDVI

Projection	Albers Equal Area Conic
Résolution spatiale	8 km
Taille image	277 colonnes × 252 lignes
Format	Texte
Valeurs manquantes	NaN

3.2 Données NDVI calculées à partir des images MSG

Les images NDVI MSG ont été calculées à partir des images à ciel clair élaborées sur une période de 10 jours à 12 h. Afin d'éliminer la contamination par les nuages, le choix a été fait sur le canal infrarouge 10.8. Le maximum de température a servi pour seuil dans la sélection du pixel à ciel clair et la date correspondante à cette valeur maximale a été sauvegardée pixel par pixel. Les images à ciel clair dans les autres canaux ont été élaborées à partir de ces dates. L'angle zénithal solaire varie au cours de la journée en passant par une valeur minimale à midi solaire (Fensholt *et al.*, 2006, Fensholt *et al.*, 2010). Dans la création d'images à ciel clair représentant les températures maximales, l'angle zénithal doit prendre en compte pour expliquer les différences observées entre les valeurs absolues de NDVI, et pour proposer une harmonisation des valeurs de NDVI calculées pour les différentes heures.

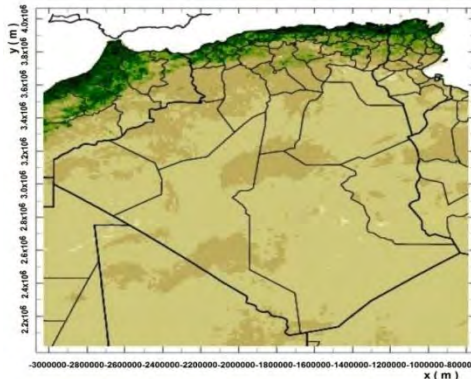


Fig. 1: Zone extraite de la base de données en projection (Albers equal-area conic) couvrant l'Algérie, le Maroc et la Tunisie

4. ANALYSE ET DISCUSSION DE VARIABILITE SPATIOTEMPORELLE DE NDVI

Dans cette partie, nous allons étudier la variabilité spatiale temporelle de l'indice de végétation sur une période de 22 ans en commençant par une étude climatologique, puis

nous avons sélectionné trois périodes de l'année à savoir, la période d'hiver représentée par le mois de Janvier, qui est la saison pluvieuse, la saison printanière par le mois d'Avril, la saison estivale par le mois de Juin. Les valeurs inférieures à 0.35 ont été ignorées.

4.1 Statistique descriptive des images NDVI

Dans l'analyse de la courbe des boxplot, il existe une légère tendance à la hausse pour la décennie 2000. Pour le mois d'Avril, le pourcentage de la variance explicative pour la deuxième composante, a légèrement augmenté d'environ 5 %, mais demeure faible sur l'ensemble des 22 années témoignant ainsi d'une végétation saisonnière qui disparaît pendant la saison sèche. L'analyse des boxplot montre globalement une alternance interannuelle des maximums, mais la tendance reste stationnaire sur toute la période.

Pour la troisième décennie du mois de Juin, représentant la saison sèche (Eté), le maximum de la variance expliquée (88 %) est porté par la première composante, alors que la deuxième devient moins significative. L'analyse des boxplots montre contrairement au mois de Janvier une tendance à la baisse pendant la décennie 2000.

4.2 Apport de l'Analyse en composante principale pour l'étude de la climatologie des NDVI

La climatologie est représentée par les données d'indice de végétation (NDVI) moyennées sur 22 ans (1982-2002), pour chaque mois de l'année et pour les trois décades. La méthode de l'analyse en composante principale est appliquée uniquement pour la troisième décennie de chaque mois.

L'idée à travers ceci est de faire ressortir les principaux types du couvert végétal et sa climatologie, c'est-à-dire en regardant sur toute l'année, ce qui est permanent et ce qui est uniquement saisonnier. Les deux premières composantes principales données par l'ACP expliquent à elles mêmes les 95 % de l'information.

Une première composante, qui représente 80 % de la variance expliquée relative à l'ensemble des forêts, qui ont un caractère permanent et qui ne dépendent pas beaucoup du déficit pluviométrique.

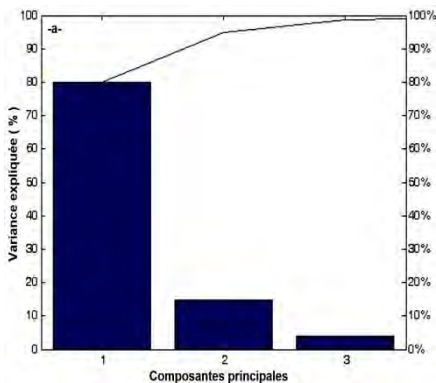


Fig. 2a- Analyses en composantes principales et boxplot - Climatologie

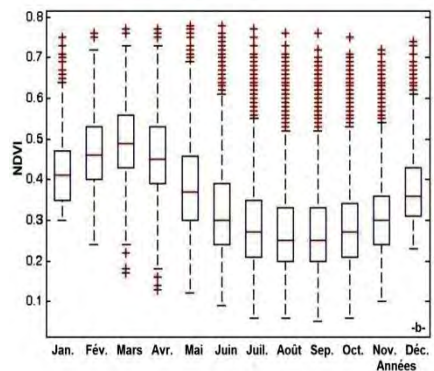


Fig. 2b- Analyses en composantes principales et boxplot - Climatologie

La deuxième composante représente les 13 % de la variance expliquée, un caractère saisonnier cyclique caractérisant la végétation qui vient après la saison pluvieuse et qui généralement disparaît pendant l'été.

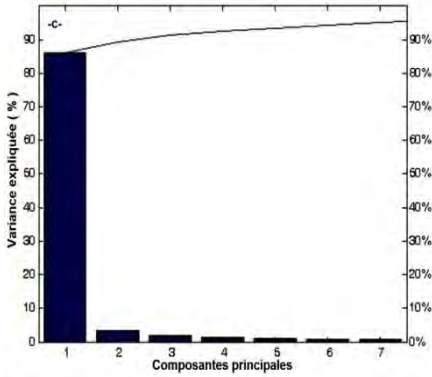


Fig. 2c-: Analyse en composantes principales (et boxplot) – Jan. (3 décade)

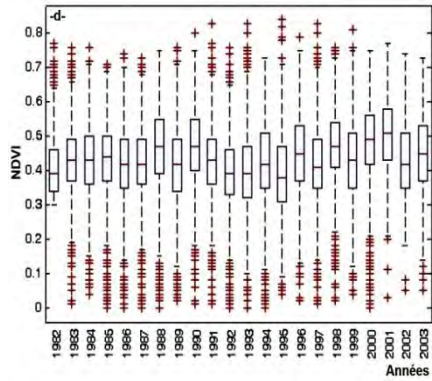


Fig. 2d-: Analyse en composantes principales (et boxplot) – Jan. (3 décade)

L'analyse du graphique (Fig. 2b-) montre bien une sinusoïde sur l'année avec un maximum en fin Mars et en début Avril, c'est-à-dire la fin de la saison pluvieuse caractérisée par le développement chlorophyllien important suite à l'apport en énergie solaire et un minimum pendant la fin d'Août et le début Septembre.

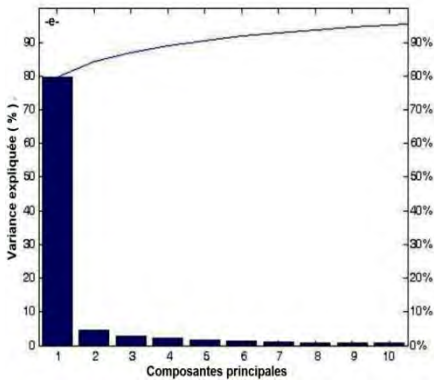


Fig. 2e-: Analyses en composantes principales et boxplot – Avril (3 décade)

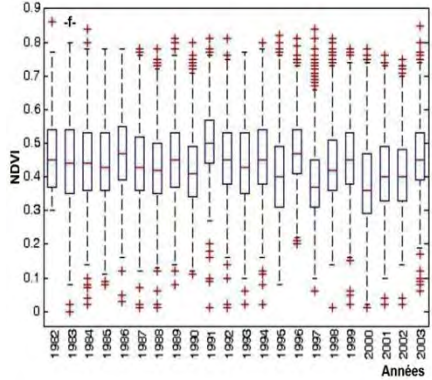


Fig. 2f-: Analyses en composantes principales et boxplot - Avril (3 décade)

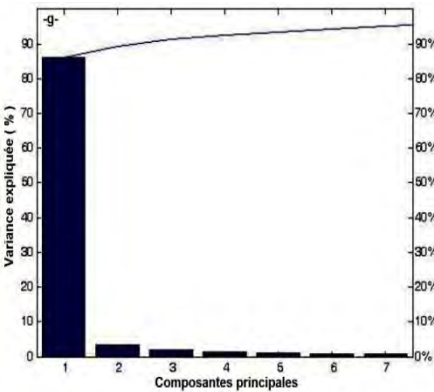


Fig. 2g-: Analyses en composantes principales et boxplot – Juin (3 décade)

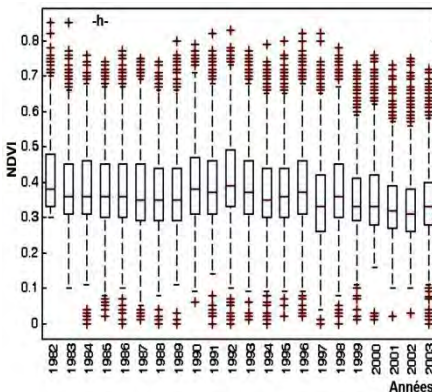


Fig. 2h-: Analyses en composantes principales et boxplot – Juin (3 décade)

Fig. 2: Analyse en composantes principales (et boxplot)

4.3 Effet de la pluviométrie sur le NDVI

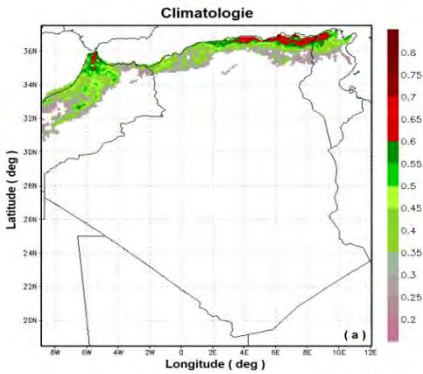
La seconde partie de cette analyse consiste à regarder à travers ces 22 années pour le même mois donné, si on peut retrouver une modification sensible du couvert végétal.

Notre choix s'est porté uniquement sur la troisième décade du mois. La saison pluvieuse représentée par le mois de Janvier, la fin de la saison pluvieuse est caractérisée par le mois d'Avril et la saison sèche caractérisée par le mois de Juin.

Pour le mois de Janvier seul, la première composante représente 88 % de la variance expliquée relative au couvert végétal des forêts dense et des maquis. Les scores des autres composantes sont non significatifs et représentent les quelques végétations, suite à l'apport pluviométrique durant cette saison.

4.4 Carte d'anomalie des NDVI

Afin de bien déceler une éventuelle dégradation du sol sur les 22 années, nous avons calculé les paramètres statistiques écart-type et l'anomalie, qui est la différence entre la valeur d'une année donnée et sa climatologie. Donc les valeurs négatives sont significatives de dégradation du couvert végétal, alors les valeurs positives sont significatives d'une expansion de la végétation et les valeurs nulles indiquent qu'il n'y a aucun changement.



3a-: Variation NDVI Année 2003, Mois d'Avril, 3 décade, sa climatologie par rapport à la climatologie

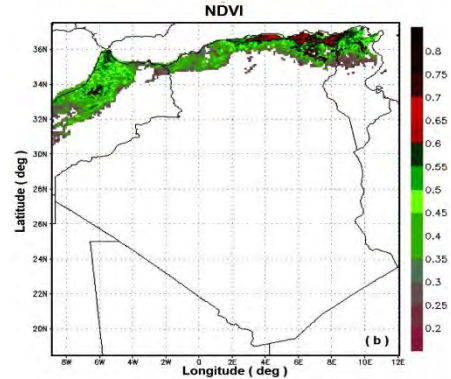


Fig. 3b-: Variation NDVI Année 2003, Mois d'Avril, 3 décade, sa valeur par rapport à la climatologie

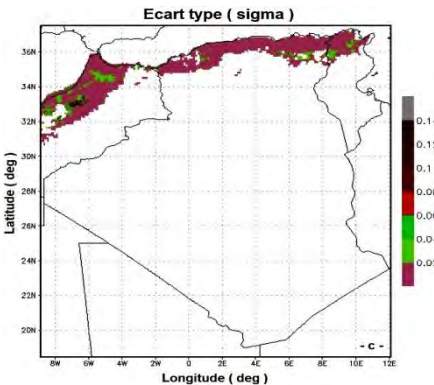


Fig. 3c- Variation NDVI Année 2003, Mois d'avril, 3 Décade, son écart type par rapport à la climatologie

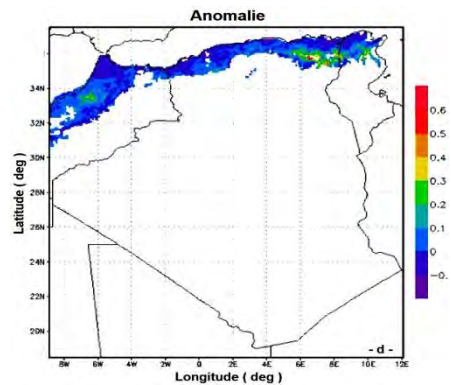
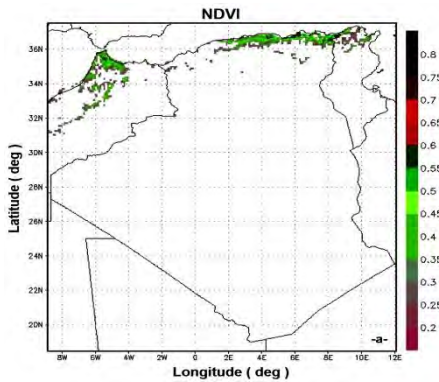


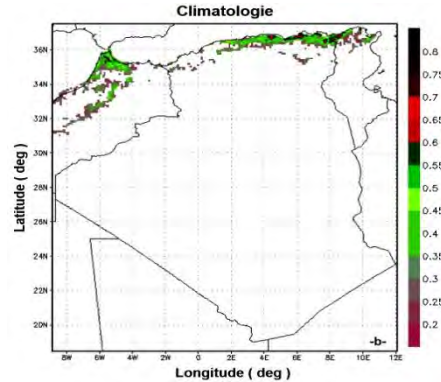
Fig. 3d- Variation NDVI Année 2003, Mois d'avril, 3 Décade, l'anomalie par rapport à la climatologie

L'analyse de la figure 3, du mois d'Avril 2003, montre bien que les fortes valeurs sont observées sur les régions centre et Est de l'Algérie. Des anomalies négatives de l'ordre de 0.1 sont enregistrées sur l'ensemble des régions proches côtières, contrairement des anomalies significatives positivement sont enregistrées sur les Aurès. Les valeurs de l'écart-type sont nettement faibles par rapport à la climatologie sur toutes les régions.

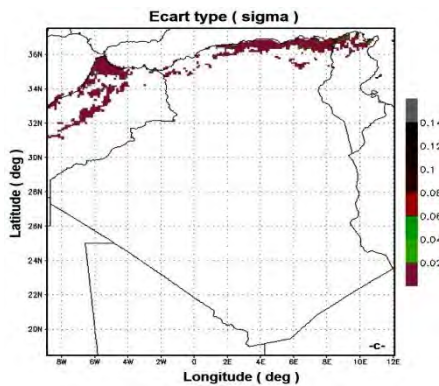
Pour le mois de Juillet (Fig. 4) de la même année, le couvert végétal a nettement reculé plus au Nord et les fortes valeurs sont observées sur les montagnes du centre, de l'Est et de l'Extrême Est de l'Algérie. Des anomalies légèrement négatives sont enregistrées pratiquement l'ensemble des régions Est.



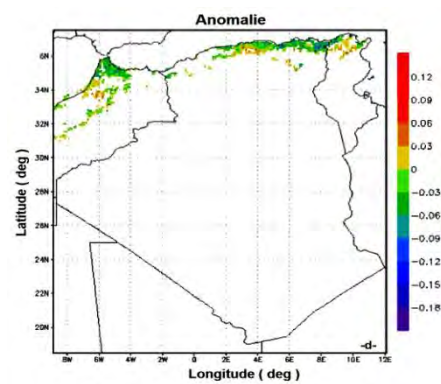
4a-: Variation NDVI Année 2003, Mois de Juillet, 3 décade, sa valeur par rapport à la climatologie



4b-: Variation NDVI Année 2003, Mois de Juillet, 3 décade, sa climatologie par rapport à la climatologie



4c-: Variation NDVI Année 2003, Mois de Juillet, 3 décade, son écart - type par rapport à la climatologie



4d-: Variation NDVI Année 2003, Mois de Juillet, 3 décade, l'anomalie par rapport à la climatologie

Fig. 4: Variation NDVI Année 2003, Mois de Juillet, 3 Décade sa valeur, sa climatologie, son écart type et son anomalie par rapport à la climatologie

5. ETUDE COMPARATIVE NDVI MSG ET NDVI NOAA

Afin de pouvoir comparer l'indice de végétation calculé à partir des images MSG aux valeurs téléchargées qui sont en projection 'Albers equal-area conic', ces dernières sont projetées sur une grille géographique rectangulaire (latitude, longitude).

Les valeurs inférieures à 0.3 ont été retirées, afin de ne prendre que les valeurs représentatives des couverts végétaux plus au moins importants, car un grand nombre de pixels notamment des régions Nord Sahara et Sahara sont ont des valeurs presque uniformes sur toute l'année et peuvent induire une persistance dans les calculs.

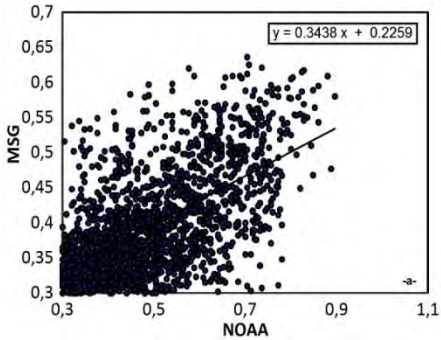


Fig. 5a-: Corrélation de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG) Année 2009, 3 décade, Mai

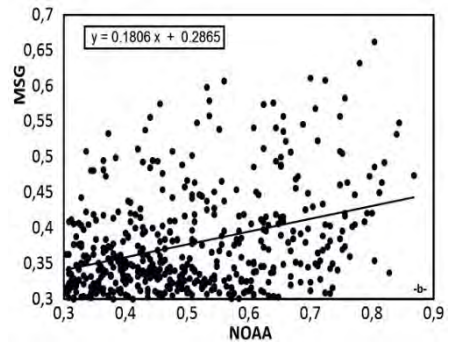


Fig. 5b-: Corrélation de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG) Année 2009, 3 décade, Juin

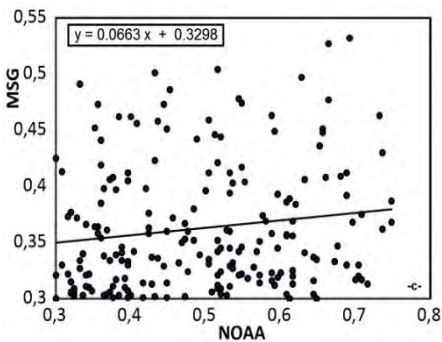


Fig. 5c-: Corrélation de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG) Année 2009, 3 décade, Juillet

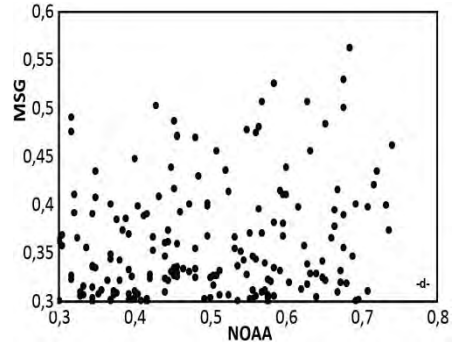


Fig. 5d-: Corrélation de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG) Année 2009, 3 décade, Août

Fig. 5: Corrélation de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG) Année 2009, 3 décade

Les séries de données ont été triées de façon à prendre uniquement que les valeurs supérieures ou égales à 0.3 et inférieures à 0.9, afin d'éviter de prendre un couvert végétal épars qui ne peut être identifiable que par des satellites à haute résolution (SPOT, LANDSAT).

L'analyse de corrélation entre les valeurs NDVI MSG et NOAA montre une corrélation de l'ordre de 0.63 avec une erreur type de 0.05 (non montré ici). On remarque bien que la pente des droites de régression change en fonction du mois et change légèrement en fonction du couvert végétal.

Plus le couvert végétal est bien réparti notamment après la saison de pluie, plus la pente est importante.

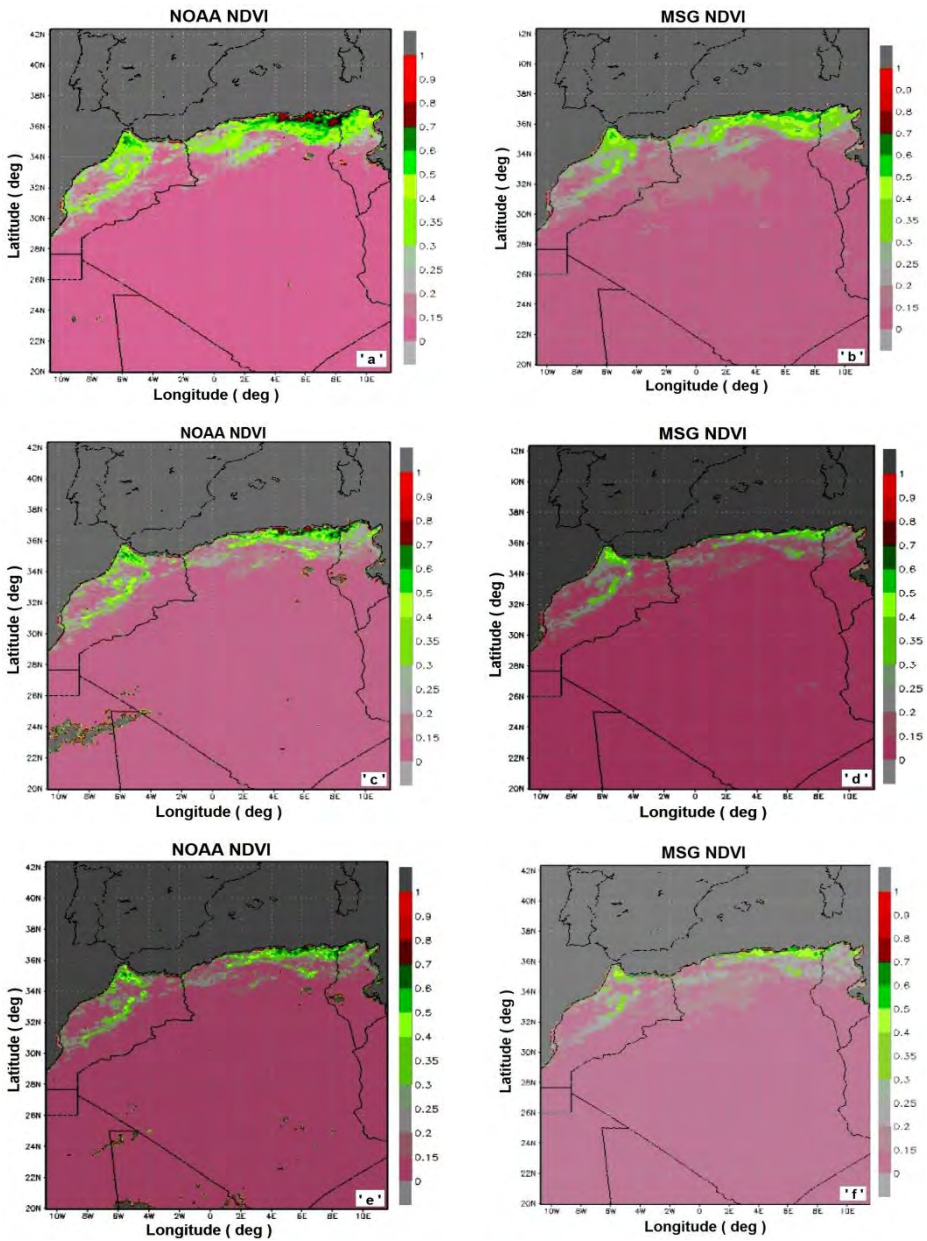


Fig. 6: Configuration spatiale de l'NDVI calculé à partir des deux satellites (NOAA et MSG), Mois d'Octobre 2009, 3 décade

L'analyse des figures 6 montre bien que les deux satellites reproduisent pratiquement des configurations spatiales semblables au couvert végétal avec cependant une sous estimation de l'activité végétale bien localisée notamment sur les régions du centre et de l'Est de l'Algérie (Fig. 6a- et 6b-) du mois de Mai juste après la fin de saison des pluies où l'on observe un fort développement de la couverture végétale.

Dans les régions du Sahara, les valeurs NDVI concernant le satellite NOAA, ont été ignorées en les mettant égales à une valeur constante (0.15), sauf pour des végétations bien localisées, qui peut exister sur certaine période de l'année, comme le montre les

figures (6c- et 6 e-), contrairement à ceux calculées à partir des images MSG, ce traitement n'a pas été pris en compte.

6. CONCLUSION

Les images NDVI sur une longue période sont utilisées pour suivre l'état du couvert végétal à travers l'Algérie. Nous pouvons conclure que :

- L'analyse statistique nous montre globalement une alternance interannuelle des maximums, mais la tendance reste stationnaire sur toute la période. Aussi elle nous montre contrairement au mois de Janvier une tendance à la baisse pendant la décennie 2000.

- Des anomalies négatives de l'ordre de 0.1 sont enregistrées sur l'ensemble des régions proches côtières, contrairement aux anomalies significatives positives qui sont enregistrées sur les Aurès. Pour le mois de Juillet de la même année, le couvert végétal a nettement reculé plus au Nord et les fortes valeurs sont observées sur les montagnes du centre, de l'Est et de l'extrême Est de l'Algérie.

- La comparaison des valeurs NDVI calculées à partir des images SEVIRI montre bien une sous estimation par rapport à celles calculées à partir du NOAA AVHRR. MSG reste encore non adapté pour le suivi de la végétation éparse ou de type saharienne non étoffée et bien localisée. Le satellite météosat nous offre une grande couverture et une bonne fréquence d'acquisition, car en cas de couverture nuageuse persistante, la haute résolution temporelle de MSG permet une meilleure qualité des synthèses décennales. La résolution spatiale de 3 km dans le proche infrarouge et le visible reste encore un inconvénient majeur dans l'utilisation du satellite MSG contre les feux de forêt ou la lutte anti acridienne.

REFERENCES

- [1] J.Y. Antoine, M. Derrien, L. Harang, P. Le Borgne, H. Le Gleau and C. Goas, 'Errors at Large Satellite Zenith Angles on AVHRR Derived Sea Surface Temperatures', International Journal of Remote Sensing, Vol. 13, N°9, pp. 1797 – 1804, 1992,
- [2] A. Bannari, D. Morin, A.R. Huete and F.A. Bonn, 'A Review of Vegetation Indices', Remote Sensing Reviews, Vol. 13, N°1-2, pp. 95 – 120, 1995.
- [3] R.S. Defries, M.C. Hansen and J.R.G. Townshend, '*Global Continuous Fields of Vegetation Characteristics: A Linear Mixture Model Applied to Multi-Year 8 km AVHRR Data*', International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, N°6-7, pp. 1389 - 1414, 2000.
- [4] R. Fensholt, I. Sandholt, S. Stisen and C. Tucker, '*Analysing NDVI for the African Continent Using the Geostationary Meteorol Second Generation SEVIRI Sensor*', Remote Sensing of the Environment, Vol. 101, N°2, pp. 212 – 229, 2006.
- [5] R. Fensholt, I. Sandholt, S.R. Proud, S. Stisen and M.O. Rasmussen, '*Assessment of MODIS Sun-Sensor Geometry Variations Effect on Observed NDVI Using MSG SEVIRI Geostationary Data*', International Journal of Remote Sensing, Vol. 31, N°23, pp. 6163 – 6187, 2010.
- [6] MSG Meteorological Products Extraction Facility (MPEF), '*Algorithm Specification Document*', (EUM/MSG/SPE/022)
- [7] C.J.Tucker, J.E. Pinzon, M.E. Brown, D.A. Slayback, E.W. Pak, R. Mahoney, E.F. Vermote and N.El Saleous, '*An Extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data*', International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, N°20, pp. 4485 – 4498, 2005..
- [8] Y. Tian, P. Romanov, Y. Yu, H. Xu and D. Tarpley, '*Geoscience and Remote Sensing Symposium*' (IGARSS), 2010 IEEE International, pp. 2091 – 2094, 2010.