

**SUIVI DE LA VEGETATION PAR SATELLITE : CAS DE L'UTILISATION DES IMAGES ICN, VCI ET SNDVI
POUR LA PREVISION QUALITATIVE DES PRODUCTIONS VEGETALES**

Issa GARBA, Issifou Alfari, Centre Régional AGRHYMET (CRA)

Mahalmoudou Hamadoun, CILSS, mahalmoudou.hamadoun@cilss.bf; mahalmoudou@yahoo.fr

Bakary Djaby, Université de Liège

Ibra Touré, Centre de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), ibra.toure@cirad.fr

Résumé

Ce travail a été réalisé au Centre Régional AGRHYMET (CRA)/CILSS dans le cadre du projet African Monitoring of Environment for Sustainable Development (AMESD) dont l'objectif global était d'assurer aux pays africains un accès aux produits d'observation de Terre pour la surveillance de l'environnement et le développement durable. L'objectif visé dans cette étude était de mettre au point un protocole d'analyse opérationnel de suivi de la végétation en général et particulièrement les cultures et les pâturages à travers l'utilisation de trois indices de végétation : l'indice de condition de végétation (VCI), l'indice de croissance normalisé (ICN) et l'indice de végétation à différence normalisé standardisé (SNDVI). L'analyse de ces indices de sécheresse est basée sur la prise en compte des caractéristiques agro-climatiques de la région sahélienne, la comparaison du profil ICN (par unité administrative) de l'année X (en cours) aux profils ICN maximum, minimum et moyenne de la série (1998 à année x-1) et la convergence des preuves. Trois ans d'application de la méthode et les actions de validations réalisées ont permis de conclure qu'on peut efficacement déterminer les zones à risque vue d'anticiper sur les crises alimentaires.

Mots clés : AMESD, VCI, ICN, SNDVI, Sécheresse

Summary

This work was performed at AGRHYMET Regional Centre (ARC)/CILSS in the Project African Monitoring of Environment for Sustainable Development (AMESD) whose overall objective was to provide African countries with access to Earth observation products for monitoring the environment and sustainable development. The global objective of this study was to develop an operational analysis of vegetation monitoring, particularly the crops and pastures through the use of three vegetation indices: condition index of vegetation (VCI) growth Index standardized (ICN) and the vegetation index standardized difference (SNDVI). The analysis of drought indices is based on: some agro-climatic considerations due to the characteristics of the Sahel region; comparing the profile ICN (administrative unit) of year X (in progress) to ICN profiles maximum, minimum and mean of the series (1998 to annex-1) and the convergence of evidence. Three years of application of the method and validations actions have concluded that we can effectively identify risk areas to anticipate food crises.

Keywords: AMESD, VCI, ICN, SNDVI, Drought

Introduction

Au cours des 20 dernières années, les données AVHRR (NDVI) ont été beaucoup utilisées pour le suivi de la phénologie de la végétation et autres changements paysagers. Pour une couverture du sol hétérogène, le NDVI est normalement plus élevé dans les zones avec un climat plus favorable, un sol et des écosystèmes plus productifs (forêt) que dans les zones où les conditions environnementales sont moins favorables (la steppe sèche). Elles sont appréciées partout dans le monde. En dépit de son potentiel, de nombreuses imperfections ont été indiquées : effets de l'arrière-plan sol, les contaminations des nuages, les poussières, la vapeur d'eau, etc. Pour refléter les caractéristiques des écosystèmes et séparer le signal météorologique du signal écologique, le NDVI a été transformé en indice d'état de la végétation (VCI) (Unganai, 1998). L'indice d'état de la végétation (VCI et ICN), est le rapport entre le NDVI collecté sur une période donnée et son écart maximal historique (maximum moins le minimum) obtenu à partir d'une série de données de plusieurs années. Les valeurs minimum et maximum de NDVI sont en rapport avec les caractéristiques écologiques de chaque zone (Kogan, 1990) : le maximum historique est en relation avec les ressources géographiques de chaque zone (climat, sol, végétation) ; le minimum historique définit le seuil à partir duquel la végétation démarre sa croissance et est en relation avec le type de couverture végétale de chaque zone. Les valeurs possibles de VCI et ICN sont comprises entre 1 et 100, les valeurs VCI inférieures ou égales à 35 indiquent la sécheresse (Kogan 1995). Il est important de noter qu'en cas de périodes prolongées de présence de nuages, les valeurs de NDVI ont tendance à diminuer, donnant une fausse impression d'état de sécheresse.

L'objectif global de ce travail est d'utiliser ces indices pour assurer le suivi et la prévision qualitative des productions végétales en Afrique de l'ouest. Il s'agit, plus spécifiquement, de déterminer les zones à risque à travers l'identification des zones favorables ou défavorables à une bonne production, en combinant principalement le VCI, l'ICN et le SNDVI.

Matériel et Méthode

Dans le cadre de ce travail, nous avons utilisé, une série d'images (1998 à 2012) d'indice de végétation à différence normalisée (NDVI) issue de SPOT VEGETATION (SPOT4 lancé en 1998 et SPOT5 en 2002). Ce sont des images de résolution spatiale 1 km/1 km téléchargeables du site de VITO DevCoCast ou sur les Stations AMESD. La méthode d'analyse prend en compte un certain nombre de considérations agronomiques et quelques éléments liés aux caractéristiques et conditions agro-météorologiques des productions végétales au sahel.

Données utilisées

Dans le cadre de la mise en œuvre du protocole d'analyse, on utilise principalement les indices de végétation suivants :

L'Indice d'Etat de la Végétation (VCI)

Les valeurs minimum et maximum historiques sont calculées séparément pour chaque décennie à partir de la série historique des images (Kogan, 1997) ; cette version d'indice de végétation permet de mettre en évidence les conditions de la végétation dans chaque zone à n'importe quel moment de la saison des pluies ;

$VCI = (NDVI_x - NDVI_{min_x}) / (NDVI_{max_x} - NDVI_{min_x}) * 100$ d'où $NDVI_x$ est le NDVI pour la présente décennie x , quand $NDVI_{min_x}$ et $NDVI_{max_x}$ are maximum et minimum historiques NDVI valeur pour la même décennie.

L'Indice de Croissance Normalisé (ICN)

Les valeurs maximum et minimum historiques sont calculées pour toute la saison, de mai à octobre, sur la série des images historiques (Kogan, 1990) ; cette version d'indice de végétation est plus indiquée pour : a) visualiser la réponse spatiale de la végétation aux précipitations, b) suivre l'évolution de la croissance de la végétation dans le temps à travers la création de profils temporels de l'indice.

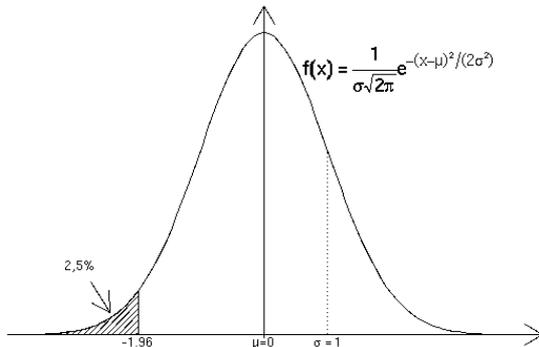
$ICN = (NDVI_x - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) * 100$

D'où $NDVI_x$ est le NDVI de la présente décennie x , quand $NDVI_{min}$ et $NDVI_{max}$ sont les maximum et minimum historiques absolus pour toute la saison de croissance de la végétation (Mai-Octobre).

NDVI standardisé

$$sNDVI = (NDVI_x - NDVI_{moy_x}) / \text{Ecart-type}_x$$

D'où $NDVI_x$ est l'image NDVI de la décade X en cours quand $NDVI_{moy_x}$ et Ecart-type_x sont les images statistiques de NDVI pour la même décade X .



Dans notre cas, **pour un pixel donné**, on peut calculer la valeur de l'écart type ; la différence entre la valeur de NDVI d'une décade donnée et la valeur moyenne, divisée par la valeur de l'écart type, donne une valeur qui peut de manière théorique varier entre $-\infty$ et $+\infty$, mais qui, dans la grande majorité des cas, se distribue entre -4 et +4.

Méthode d'analyse*Analyse de la croissance de la végétation*

Le VCI exprime en pourcentage le niveau de croissance atteint par la végétation à une date donnée par rapport au niveau maximal atteint par le passé à la même date. Il permet de comparer le niveau de croissance de la végétation entre zones caractérisées par un potentiel écologique différent. L'ICN est plus efficace que le VCI pour la construction de profils temporels de la croissance de la végétation. Dans le cadre de ce travail nous : construisons les profils temporels de l'ICN pour toutes les unités administratives ; calculons la valeur moyenne (de l'ICN) des pixels de l'unité administrative ; pouvons isoler les pixels où l'agriculture sous pluie est dominante ; enfin, pour chaque unité administrative, nous construisons les profils relatifs aux valeurs minimales, maximales et moyennes de l'ICN (période 1998-2011).

Analyse des profils temporels de l'ICN

Pour chaque décade, on calcule les valeurs moyennes de l'ICN pour chaque unité administrative de chaque pays. Ces valeurs sont représentées dans des graphiques qui permettent de suivre la croissance de la végétation dans le temps. Sur les mêmes graphiques figurent des valeurs historiques de référence (valeurs maximales, minimales, moyennes, année précédente) qui permettent de mieux caractériser l'évolution de la campagne en cours. Dans le graphique relatif à l'ICN de la région ainsi, on peut facilement constater, l'effet des anomalies de croissance sur la campagne courante (2012). Les profils de l'ICN sont utiles aussi pour déterminer, si le niveau de croissance de la végétation à l'intérieur d'une unité administrative est homogène ou si au contraire, il y a des situations contrastées. Au Sahel même dans les années normales ou favorables, à cause de la variabilité spatio-temporelle des précipitations, il peut y avoir des poches à production agricole déficitaire à cause de sécheresses localisées. La comparaison sur le même graphique des profils des différentes unités administratives facilite l'identification des zones à risque.

Analyse combinée des images

On procède à une classification soit manuellement (interprétation visuelle) ou par simple clustering (classification automatique) de la différence des images ICN de l'année en cours par rapport à la moyenne la série. Ensuite, il faut vérifier avec les images VCI, la conformité et la persistance des conditions de croissance de la végétation dans les différentes classes (conditions favorables, défavorables ou normales). Ces zones identifiées sont ensuite confrontées aux images SNDVI (anomalie de croissance par rapport à la moyenne de la série). En cas, de divergence de preuves, on examine la répartition des pluies estimées par satellite pour s'assurer de la régularité et de la quantité enregistrée suivant les décades.

Résultats

La combinaison des trois indices de végétation (ICN, VCI, SNDVI et les profils ICN à l'échelle de l'unité administrative) permet de réaliser une carte de synthèse sur l'état des cultures et des pâturages dès la mi-août (Figure1). Cette carte des zones favorables et défavorables à la bonne production végétale est généralement mise à jour en octobre pour établir un bilan final de la campagne agropastorale.

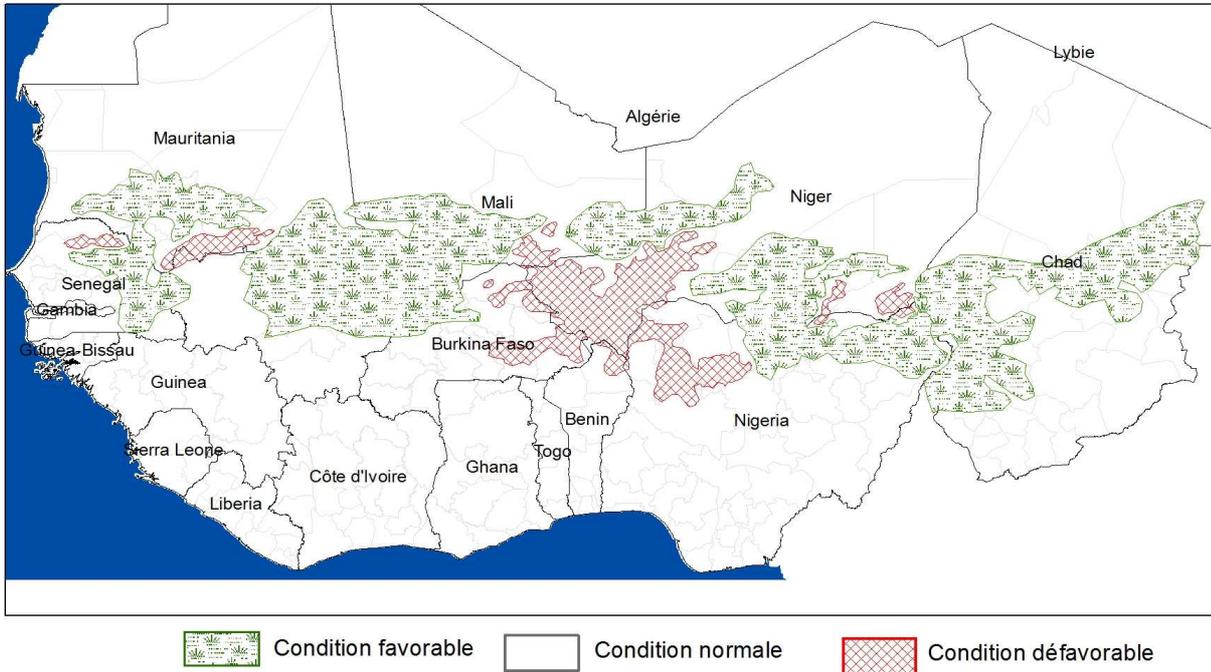


Figure1 : Carte de synthèse de la situation régionale de l'état des cultures et des pâturages mi-août 2012 (Zones à risque)

Validation de la carte de zones à risque au Niger (août 2012)

Après le travail de cartographie, il est important d'aller sur le terrain collecter des données et les confronter aux résultats obtenus. On a constaté que les informations consignées sur la carte sont conformes aux à celles collectées au sol (figure2).

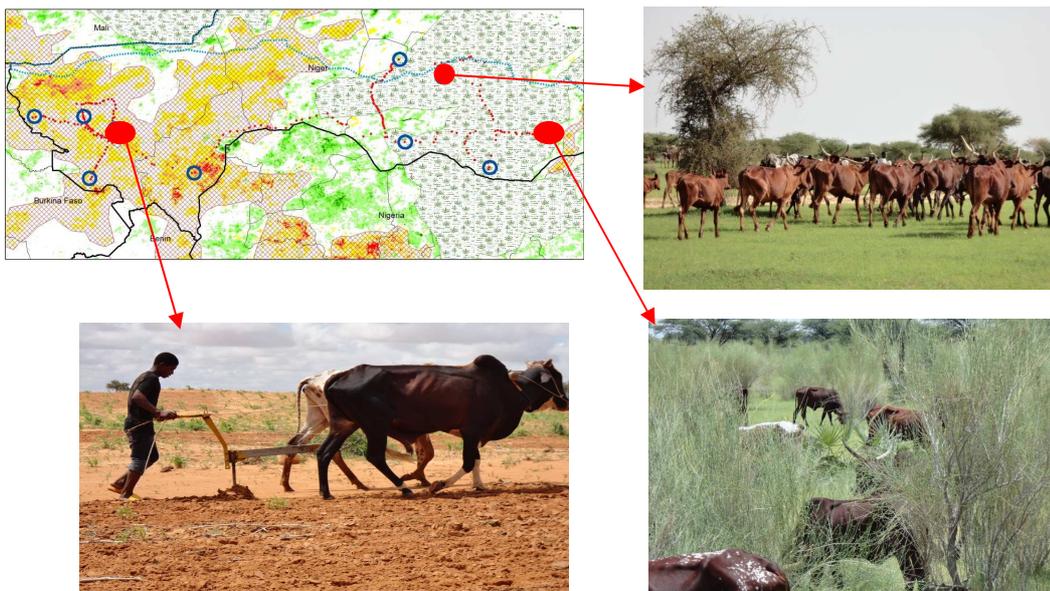


Figure2 : validation de la carte de zones à risque au Niger

Conclusion

La combinaison des indices de végétation ICN, VCI et SNDVI permet de faire une prévision qualitative de productions végétales. En détectant à temps les zones à risques, on peut anticiper sur les crises alimentaires. Cette information est très utile pour les systèmes d'alerte précoce qui ont la responsabilité du suivi de la situation alimentaire dans les pays sahéliens, car l'alimentation des populations dépend en grande partie de la production agricole locale, surtout dans les zones les plus pauvres. La possibilité de caractériser le profil de l'hivernage déjà à partir du mois d'août de sorte à donner aux décideurs la possibilité d'activer à temps les mécanismes de réaction aux crises alimentaires constitue un apport appréciable de la télédétection.

Bibliographiques

- Kogan, F.N., 1990. « Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas », Int. J. Remote Sensing, 1990, Vol.11, n ° 8, 1405-1419
- Kogan, F.N., 1995. « Droughts in the late 80s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data », Bull. Amer. Meteor. Soc., 76 : 655-668
- Kogan, F.N., 1997. "Global drought watch from space", Bulletin of the American Meteorological Society 78: 621-636
- Sivakumar, M.V.K., 1992. "Climate change and implication for agriculture in Niger", Climate Change 20: 297-312
- Unganai, L.S. and Kogan, F.N., 1998. "Drought monitoring and corn yield estimation in Southern Africa from AVHRR data", Remote Sensing Environnement 63: 219-232.