

CARACTÉRISATION DES AIRES PROTÉGÉES DE CÔTE D'IVOIRE EN FONCTION DES TENDANCES D'UNE SÉRIE TEMPORELLE DE L'INDICE NDVI MODIS ENTRE 2002 ET 2014

Julien ANDRIEU¹ et Sabas BARIMA²

Courriel : julien.andrieu@univ-cotedazur.fr

RÉSUMÉ

Face aux causes de potentiels changements dans le couvert végétal, un certain nombre de constats de l'état de conservation de forêts étudiées séparément sont alarmants (Oswald, 2005, Barima *et al.*, 2016 ; Sako *et al.*, 2013). Cependant, ces constats méritent une vue d'ensemble. L'objectif de cet article est, pour contribuer à un tel examen, de proposer une méthode de classification des aires protégées tout d'abord en trois classes, stabilité, recul et progression de la végétation. Puis, pour les classes en changement, une ordination des plus forts changements. Cela permettra d'offrir une vue d'ensemble des aires protégées plus ou moins bien conservées.

Le produit « MODQ13 MODIS NDVI 16-day composite grid data » (MOD13Q1) a été téléchargé depuis le portail *Earth Observing System* EOS (Tableau 1). Fensholt *et al.* (2009) affirment que les tendances de MODIS Terra sont plus précises que celles de Spot Végétation et NOAA AVHRR. Les images ont une résolution de 250 m. Cette résolution efface les microstructures (parcellaires) mais révèlent les structures locales à micro-régionales. Il s'agit, en termes de séries temporelles de NDVI, de la plus haute résolution spatiale à l'heure actuelle. La série temporelle débute en janvier 2002 et a été téléchargée jusqu'en décembre 2014 pour couvrir la quasi-totalité de la période de conflits en Côte d'Ivoire (2000-2011) sachant que nombreux processus possèdent une certaine inertie. Une couche vectorielle des aires protégées du pays a ensuite été superposée aux images issues de l'analyse des séries temporelles de NDVI MODIS. Deux images LANDSAT ont été téléchargées sur le site de l'USGS à travers la plateforme *Earthexplorer* (Tableau 2). L'organigramme de la méthodologie de recherche est présenté à la Figure 1.

La corrélation de 'Mann-Kendall' ou le 'tau de Kendall' (Kendall, 1962) est employée ici. La corrélation est associée à un test de significativité qui calcule si la tendance est à rejeter en fonction

d'un niveau de significativité défini par l'utilisateur. Nous avons appliqué un seuil de significativité à 0,01. La corrélation de Kendall peut être calculée sur la série entière ou sur les saisons séparées (Zewdie *et al.*, 2017). Nous avons effectué les deux calculs, d'abord sur la série temporelle entière dans l'ordre chronologique ensuite, en séparant les saisons (cf. Tableaux 3 et 4). Pour cela, 22 séries temporelles de pas de temps annuel, une pour chaque synthèse de 16 jours (jours 1 à 16, jours 17 à 33, etc.), ont chacune été soumises au test de Mann-Kendall puis nous avons calculé la moyenne des corrélations de saison de dormance (janvier à mai et novembre à décembre) et de saison végétative (juin à octobre) ; cette opération inclut, pour le sud du pays, la petite saison sèche et une légère dormance. La Côte d'Ivoire, entre 2002 et 2014, a connu une cinématique progressive significative des valeurs de NDVI pour 2 278 027 ha (7,3 %), une stabilité ou des cinématiques non significatives pour 21 909 459 ha (70,9 %) et une cinématique régressive significative pour 6 708 781 ha (21,8 %). 14 aires protégées sont caractérisées par une dominance des pixels appartenant à la classe de corrélation négative significative. 23 aires protégées sont caractérisées par une majeure partie des pixels appartenant à la classe de corrélation positive significative. Les aires protégées en régression se situent dans le quart sud-ouest, essentiellement dans le centre-ouest du pays. Les aires protégées en progression sont plus disséminées mais se situent essentiellement dans le centre-nord du pays (Planche 1 et Planche 2).

Dans l'impossibilité d'une campagne de réalité terrain, *a fortiori* en l'absence d'archives de données de terrain du début des années 2000, c'est une cartographie diachronique d'images LANDSAT qui va constituer la variable de contrôle et de calcul de marges d'erreur. Les images sont traitées selon une chaîne de classifications non supervisées (Kmoyennes) emboîtées selon la méthode proposée par Andrieu et Mering (2008). Le pourcentage de pixels de perte, de gain du caractère forestier

1. UMR CNRS ESPACE Université Côte d'Azur, Nice, France ; julien.andrieu@univ-cotedazur.fr

2. Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

ou de stabilité de chaque aire protégée testée sera transcrit en un indice de -1 pour la perte totale à +1 pour un reboisement total, la stabilité totale constituant la valeur 0. Cet indicateur est confronté à la valeur de la corrélation de Kendall moyenne de l'aire protégée. Le coefficient de corrélation et le coefficient de détermination ont été calculés entre ces deux descripteurs de l'évolution de l'occupation du sol pour tester la méthode de classification par le test de Mann-Kendall à l'échelle des aires protégées. Le coefficient de corrélation entre l'indice de perte/gain en couverture boisée issue de l'imagerie LANDSAT et la valeur moyenne de la corrélation de Mann-Kendall sur les 31 aires protégées est de 0,84. Le coefficient de détermination est de 0,70 (Figure 2).

La méthode semble donc valide avec un coefficient de corrélation de 0,84 mais révèle que l'occupation du sol et les fluctuations du NDVI peuvent montrer une certaine indépendance. C'est particulièrement dans les valeurs de corrélation positives du test de Mann-Kendall que l'on observe une dispersion des valeurs dans l'indice de perte/gain de pixels en forêt par rapport aux pixels agricoles. Cette méthode est très simple, très rapide. Elle se réalise sur des données gratuites avec un logiciel de coût raisonnable. Elle produit une vue d'ensemble des aires protégées de grandes régions et pourrait être, par exemple, produite sur toute la sous-région ouest-Africaine. Cette méthode n'a pas vocation à atteindre la plus grande précision ni la plus grande

complexité dans la description des changements de la couverture végétale, elle est à prendre comme un efficace pré-diagnostic permettant en un temps très court de lister des aires protégées qui ont une très grande probabilité d'être en phase de régression. Dans la mesure où il n'a pas été réalisé une vérité terrain classique avec un calcul de matrice d'erreur, il est seulement possible de dire que le résultat est très bien corrélé au traitement diachronique multispectral LANDSAT mais qu'il est beaucoup plus rapide et ne souffre pas de problèmes tels que présence de nuages, effets dus à la saisonnalité, erreurs dans l'interprétation des signatures spectrales.

MOTS-CLÉS

Téledétection ; aires protégées ; analyses de séries temporelles ; Mann-Kendall ; changements de couverture du sol ; Côte d'Ivoire.

Comment citer cet article (version originale publiée en anglais) :

Andrieu J. & Barima S., 2021. Characterization of protected areas of Ivory Coast according to observed trends in MODIS NDVI time series between 2002 and 2014. *Photo Interprétation European Journal of Applied Remote Sensing*, 55 (1-2-3-4), 19-30.

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET CARTES

Tableaux

Tableau 1. Caractéristiques des images MODIS utilisées dans cette étude.

Table 2. Caractéristiques des images Landsat utilisées dans cette étude.

Table 3. Corrélations de Kendall moyennes pour les 10 aires en régression significative.

Table 4. Corrélations de Kendall moyennes pour les 9 aires en progression significative.

Figures

Figure 1. Organigramme de la méthodologie de recherche.

Figure 2. Histogramme bivarié de la corrélation de Kendall pour chaque aire protégée et de l'index issu de l'analyse diachronique de la couverture du sol à partir des images Landsat.

Planches

Plate 1. Carte des corrélations de Kendall significatives.

Plate 2. Carte des aires protégées avec des corrélations significatives (évolutions progressives et régressives).