

Etude de la dynamique du couvert végétal par télédétection en relation avec la pluviométrie en Moyenne Guinée de 1998 à 2013

Mamadou Saïdou DIALLO^{1*}, Ibrahima SACKO², Boubacar Séré DIALLO² et Idrissa DIABY¹

¹ Université Gamal Abdel Nasser de Conakry (UGANC), Faculté des Sciences, Département de Physique, Laboratoire d'Enseignement et Recherche en Énergétique Appliquée (LEREA), BP 1147 Conakry, Guinée

² Université Gamal Abdel Nasser de Conakry (UGANC), Faculté des Sciences, Département de physique, BP 1147 Conakry, Guinée

* Correspondance, courriel : saidou6767@gmail.com

Résumé

La végétation guinéenne à l'instar de celle des autres pays de l'Afrique de l'Ouest, se trouve très affectée par les activités anthropiques et les phénomènes de changement climatique. Cette situation a entraîné, ces dernières années, une forte dégradation de la biodiversité ainsi que les rendements des activités agropastorales. Ce présent travail vise à évaluer, la réponse de l'indice de végétation en relation avec la pluviométrie. Pour ce faire, une analyse de l'évolution de la végétation a été faite en utilisant non seulement la télédétection, mais aussi la dynamique de son évolution avec les précipitations suivant les coefficients de corrélation et l'évolution spatio temporelle de l'indice de végétation, et la pluviométrie moyenne pour la période allant de janvier 1998 à décembre 2013, soit seize (16) ans. La réponse de l'évolution de la végétation par rapport à la pluviométrie est : une à deux décades à l'échelle décadaire ; un à deux mois à échelle mensuelle et un à deux ans à l'échelle annuelle. Il ressort de cette partition, que ce coefficient de corrélation est variable. Ainsi trois zones distinctes : une zone de corrélation significative et très forte avec des valeurs atteignant 0,97 dans la préfecture de Dalaba; une zone de corrélation significative et modérée avec des valeurs variant de 0,81 à 0,86 dans les préfectures de Koundara et Mali ; et une zone de transition (Mamou et Labé) où la corrélation est peu significative. Il ressort également des analyses que Koundara est la préfecture de la Moyenne Guinée, la moins humide et la moins végétative et que Mamou est la préfecture la plus humide et la plus végétative.

Mots-clés : *télédétection, précipitation, végétation NDVI, décades, Moyenne Guinée.*

Abstract

Study of the dynamics of plant cover by remote sensing in relation to average rainfall in Miffle Guinea to 1998 - 2013

Guinean vegetation, like other West African countries, is highly threatened by human activities and the phenomena of climate change. This situation has led, in recent years, a significant degradation of biodiversity as well as yields of agro-pastoral activities. This work aims to evaluate the response of vegetation evolution in relation to rainfall with a view to better planning agro-pastoral activities. To this end, we analyzed

vegetation evolution using remote sensing but also the dynamics of its evolution with precipitation based on the correlation coefficients and the spatial and temporal evolution of the vegetation index. Precipitation for the period from January 1998 to December 2013, being sixteen (16) years. The response of vegetation evolution to rainfall is : one to two decades at the decadal scale; one to two months on a monthly scale and one to two years on an annual scale. It shows that the correlation coefficient obtained is very variable. Three distinct zones can be distinguished: a zone of significant and very strong correlation with values reaching 0.97 (Dalaba); a significant and strong correlation zone with values from 0.81 to 0.86 (Koundara and Mali) and a transition zone (Mamou and Labe) where the correlation is significant and moderate. It is also apparent from the analyzes that Koundara is the prefecture of Middle Guinea, the least humid and the least vegetative and that Mamou is the most humid and vegetative prefecture. The lack of availability of daily rainfall data for the prefectures of Gaoual, Tougué, Lélouma, Pita and Koubia prevented us from carrying out certain analyzes on these areas.

Keywords : *remote sensing, precipitation, NDVI vegetation, decades, Middle Guinea.*

1. Introduction

La baisse de la pluviométrie est le principal facteur limitant de l'écologie des milieux arides et semi-arides. En Afrique de l'Ouest, les régions se caractérisent par une très grande variabilité spatiale et temporelle des pluies et connaissent depuis les années 1970 une baisse importante des cumuls pluviométriques annuels. La faiblesse des quantités précipitées annuellement et leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace contribuent considérablement à la fragilisation de l'environnement de ses écosystèmes. Dans ces milieux, l'évolution de la végétation naturelle et les rendements des cultures sont fortement dépendant de la disponibilité en eau au cours de l'année [1]. La dynamique de la végétation quant à elle dépend fortement du type de sol avec des corrélations fortes et significatives sur des sols ferrugineux tropicaux et faible ou non significatives sur les lithosols. Les lithosols sont des sols à roche dure, impliquant une infiltration très lente et gardant plus longtemps l'humidité en surface [2]. En Afrique, une relation entre la pluviométrie et le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) autrement dit Index de normalisation de la différence de végétation) a été démontrée dans de nombreux travaux à la fois aux échelles continentales et régionales. C'est le cas au Sahel, en Afrique de l'Est et en Afrique du Sud. Selon les études de Marteau 2005, il existe une Co variabilité entre les régimes saisonniers moyens des précipitations et les NDVI [3].

Des études récentes sur l'appréhension des causes d'évolution de la végétation en Afrique Sub saharienne sont généralement effectuées avec l'approche spatiale par télédétection, à l'échelle sous régionale [4]. La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible: géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol, etc.) [5]. Elle est fondée sur le postulat que les objets, puisque leurs propriétés physiques et chimiques varient, réfléchissent ou émettent du rayonnement électromagnétique d'une façon distincte dans les diverses parties du spectre électromagnétique [6]. Le traitement des données aura pour but d'obtenir des paramètres géographiques susceptibles d'être intégrés dans des modèles numériques de prévision météorologique ou de l'évolution climatique future [7]. La dernière étape du processus consistera à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier [8]. L'analyse des séries climatiques montre que l'Afrique de l'Ouest a connu, depuis le début des années soixante, des périodes

de sécheresse significative, conduisant à une insécurité alimentaire et à une baisse des ressources en eau des populations ouest-africaines [9]. Ce fait a focalisé l'attention de la communauté scientifique sur la variabilité climatique et ses impacts sur les ressources naturelles des pays de l'Afrique de l'Ouest. La République de Guinée possède d'importantes ressources naturelles utilisées à des fins multiples, notamment dans le domaine agro-pastoral. Les méthodes d'exploitation de ces ressources sont encore rudimentaires et constituent un véritable frein au développement local et national du pays. Pendant ces dernières années, les fortes pressions anthropiques sur ces ressources et les perturbations climatiques (*perturbation du régime pluviométrique*) ont affecté les activités agro-pastorales, favorisant ainsi, une diminution de la productivité végétale, animale et une baisse remarquable de la pluie de l'ordre de 15 à 23 % [10]. En 1958, les forêts en Guinée couvraient plus d'un tiers du territoire national. Chaque région naturelle avait un couvert végétal important et particulier. Ainsi, il en résulte une dégradation du milieu qui se traduit par la diminution de rendement des cultures de 17,59 % à l'hectare et par le déboisement excessif [11]. Depuis les années 1970, le déficit pluviométrique en Moyenne Guinée se manifeste tant dans son intensité que dans sa durée.

A cette détérioration climatique s'est ajoutée une augmentation galopante de la pression anthropique sur l'environnement. Ce travail s'inscrit aussi dans la thématique de la recherche des liens entre les précipitations et certains indicateurs de végétation NDVI de la Moyenne Guinée par l'utilisation des données issues de la télédétection. Les indices de végétation sont largement utilisés dans les recherches en hydrologie, en climatologie et sur les changements climatiques globaux. Les relations entre le NDVI et les paramètres climatiques ne sont pas encore parfaitement établies et font l'objet de nombreuses recherches. L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de l'estimation de la pluviométrie à l'aide des données de l'indice de végétation à différence normalisée (NDVI) issues du satellite SPOT Végétation [12]. L'étude de cette dynamique reposera sur l'analyse des valeurs aux échelles décennales, mensuelles, annuelles et saisonnières des NDVI en relation avec la pluviométrie de la Moyenne Guinée au cours de la période 1998-2013. Ainsi, dans cette démarche, pour l'étude de la dynamique du couvert végétal, nous utiliserons un indicateur qui associe les indices de végétation dérivés du capteur à basse-résolution VEGETATION de SPOT et les précipitations mesurées au sol en Moyenne Guinée sur la période 1998-2013, dans le but d'établir une relation entre les précipitations et l'indice de végétation NDVI, afin de mieux connaître l'influence des variations pluviométriques sur la dégradation du couvert végétal, [13] et permettre aussi de développer des indicateurs environnementaux à partir des images satellites, et compléter l'approche par l'étude de l'indice de végétation normalisé étendu (NDVI) [14].

2. Matériel et méthodes

2-1. Situation géographique de la Moyenne Guinée

La Moyenne Guinée ou Plateau montagneux du Fouta-Djalou est l'une des quatre régions naturelles de la Guinée. En forme de trapèze, elle est comprise entre 9,78 ° et 12,69 ° de latitude Nord et entre 11,05 ° et 14,06 ° de longitude Ouest. Cette région couvre environ une superficie de 57 170 km² soit 23% du territoire guinéen. Cette région de la moyenne Guinée montagneuse par endroit, avec une faible teneur en éléments nutritifs des sols, l'érosion a creusé des gorges profondes et des vallées dans l'épaisse couche de grès qui recouvre la roche granitique du sous-sol [15]. Les propriétés spectrales de ces sols dépendent de leur composition minérale, de leur teneur en eau, en matière organique, et de leur rugosité de surface [16]. Les terres cultivables en moyenne Guinée sont estimées à 200.000 ha. Le reste est constitué de cuirasse ferrallitique, de bowé, et de sols hydro morphes [17]. L'occupation des terres par les principales cultures des systèmes de production est comptabilisée comme suit : le riz, le fonio, la pomme de terre, l'arachide, le

manioc, le haricot et le maïs sont les principales cultures [18]. La Moyenne Guinée est située à une altitude d'environ 1000 m. Elle comprend les préfectures de Labé, Mamou, Pita, Dalaba, Mali, Tougué, Lélouma, Gaoual, Koubia et Koundara. L'ensemble de ces préfectures totalise 94 Sous-préfectures et 10 Communes urbaines. (*Figure 1*).

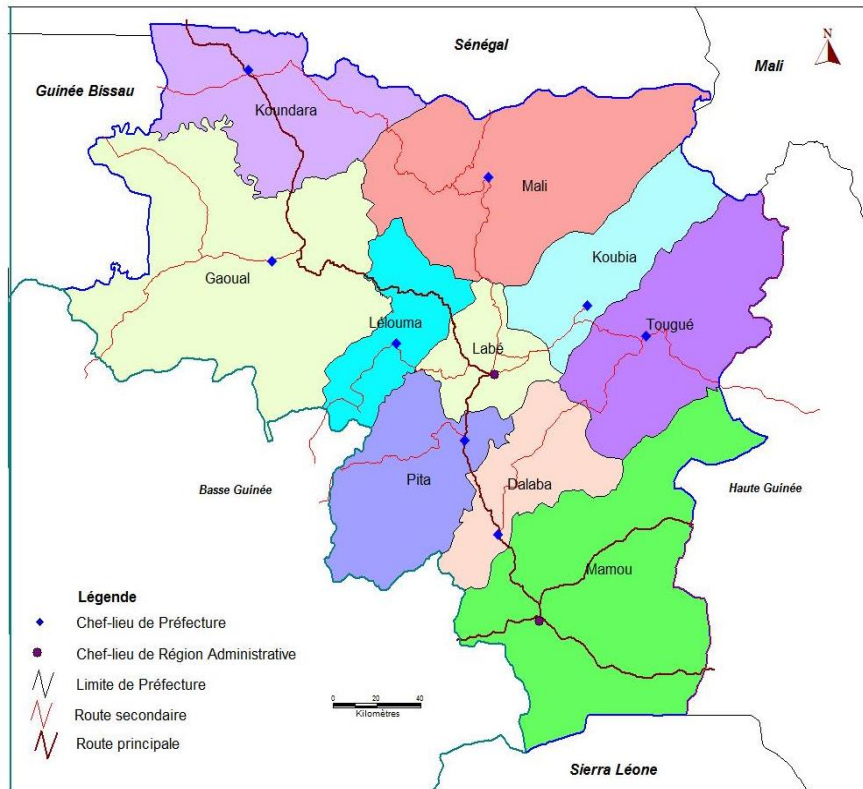


Figure 1 : Localisation de la Moyenne Guinée

2-2. Données

2-2-1. Données pluviométriques

Les données utilisées dans cette étude sont recueillies des stations météorologiques de Mamou, Labé, Mali, Koundara et Dalaba. Elles proviennent de la base de données de la Direction Nationale de la Météorologie pour la période 1998-2013.

2-2-2. Données de l'indice de végétation NDVI

Le NDVI est une mesure du bilan entre l'énergie reçue et l'énergie émise par les objets sur la Terre. C'est un indice sans dimension, sa valeur est comprise entre -1 et $+1$ [19].

Les données de NDVI utilisées proviennent du capteur SPOT Vegetation. Ce capteur comprend un système imageur dans quatre bandes spectrales :

- Bleu (0,43-0,47 micron)
- Rouge (0,61-0,68 micron)
- Proche infrarouge (0,78-0,89 micron)
- Moyen infrarouge (1,58-1,75 micron).

A partir de ces bandes, le NDVI sera calculé pour chaque acquisition journalière. Les synthèses décennales de l'indice de végétation sont obtenues à partir des valeurs maximales de l'indice de végétation pour chaque période de cinq et dix jours. La série temporelle des images SPOT Végétation est disponible gratuitement sur Internet depuis Avril 1998 dans le cadre du programme Végétation. Ce programme, lancé à l'initiative du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) de France, est développé dans le cadre d'un partenariat entre la France (qui couvre 34 % du budget total), la Belgique (14 %), l'Italie (1 %), la Suède (8 %) et de la Commission Européenne (35 %). Les séries temporelles du NDVI sont décennales et le satellite (SPOT Végétation) offre une observation à la résolution constante de 1km, ce qui permet d'obtenir une meilleure qualité du produit par rapport à AVHRR. La période d'étude a été de seize (16) ans de 1998 à 2013 et une analyse diachronique des séries temporelles des NDVI à diverses échelles temporelle (décadaire), mensuelle, annuelle, intra-annuelle, saisonnière et spatiale (Préfectures). Les valeurs numériques des NDVI ont été obtenues en couplant les images NDVI aux cartes. Vectorielles géo-référencées (format Shape.shp) de la Guinée en utilisant les logiciels VGT Extract 4.2 et ARC Gis 10.1.

Tableau 1 : *Classes du NDVI (tiré du guide de l'utilisateur de Windisp 4.0)*

NDVI		Légende
De	A	
-0,1	-0,08	Nuage
-0,08	0,37	Sol nu
0,37	0,57	Végétation clairsemée
0,58	0,74	Végétation moyenne
0,74	0,92	Végétation dense
0,92	0,92	Eau

2-2-3. Outils de Traitement des Données

Pour le prétraitement et le traitement des données, des logiciels et pro logiciels ont été utilisés:

- Un logiciel de tableur (Excel) pour faire les calculs et les représentations graphiques,
- Un logiciel de spatialisation des NDVI et des précipitations (Surfer 8) en utilisant les coordonnées géographiques. C'est un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG). Il permet de visualiser les données NDVI et pluviométriques et créer des cartes, de faire des requêtes sur des cartes et les éditer. Il constitue en outre un très bon gestionnaire de base de données.

2-2-4. Méthodes de Traitement des Données

Pour apprécier la variabilité périodique et inter-saisonnière, la période d'étude (1998-2013) est subdivisée en cinq (05) sous périodes d'étude : la période 1998-2000 ; la période 2001-2003 ; la période 2004-2006 ; la période 2007-2009 et la période 2010-2012 et a permis d'orienter les analyses au pas décadaire sur la période humide (saison pluvieuse qui est Avril-Novembre) de chaque sous période. En plus, une analyse au pas saisonnier (Janvier-Juin; Janvier-Septembre et Janvier-Décembre) a été effectuée pour chacune des sous périodes. La première phase a consisté aux l'échantillonnage des données et au suivi de la transformation des données journalières de pluviométrie en cumuls décennales, mensuels et annuels. Ainsi, 36 valeurs décennales ont été obtenues pour chaque station. Ensuite, l'acquisition des images NDVI sur internet. Qui sont des images décennales obtenues à l'échelle de l'Afrique. A l'aide du logiciel ARC-GIS 9.3, les images obtenues ont été découpées à l'échelle de la Guinée puis, de la Moyenne Guinée ; et enfin les valeurs cumulées du NDVI ont été calculées.

3. Résultats et discussion

La méthodologie décrite a permis d'obtenir :

- l'évolution de l'indice de végétation décadaire moyen
- l'évolution de la pluviométrie,
- la corrélation entre la pluviométrie et l'indice de végétation NDVI,
- la dynamique de l'évolution de la pluviométrie et
- l'indice de végétation NDVI pour toutes les stations en 2009 (année plus humide), et en 2002 (année moins humide).

Les stations ont enfin été présentées.

3-1. Evolution moyenne annuelle des NDVI de 1998-2013

L'allure générale du NDVI pour les différentes préfectures varie très peu, un creux minimal amorcé en 1999 est progressivement réalisé en 2003. Une amélioration s'en est suivie jusqu'en 2006 avec une baisse en 2007 et une stabilisation en 2012. L'année 2007 montre un NDVI faible pour toute la région. De 2008 en 2013, le NDVI a connu une faible croissance. Globalement le graphique montre une faible augmentation du NDVI partout, et la préfecture de Koundara (située dans le nord de la région d'étude) présente du point de vue de l'indice présente une particularité; le fait de présenter un NDVI plus faible que les autres, on y remarque un déficit prononcé en 2003 (*Figure 2*).

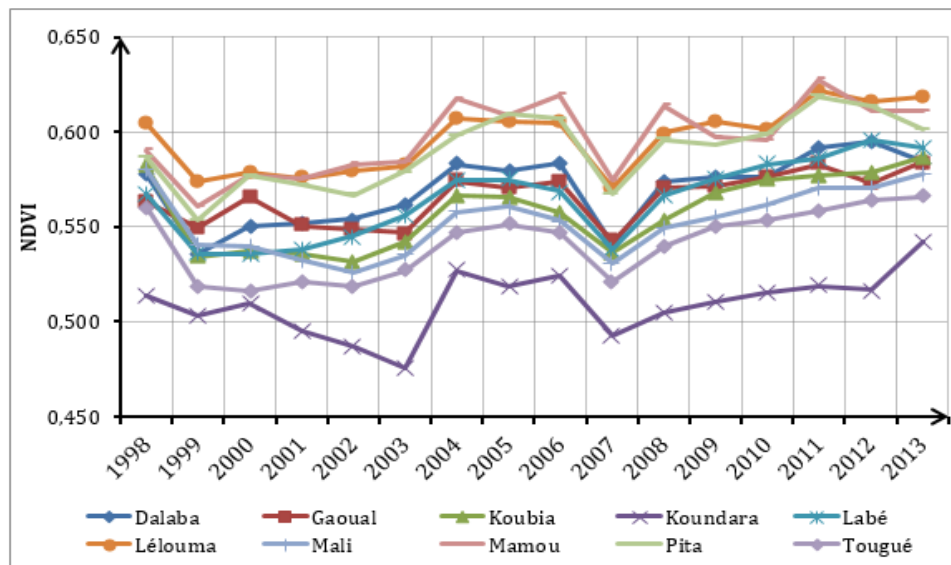


Figure 2 : Evolution annuelle des NDVI en Moyenne Guinée de 1998 à 2013

3-2. Evolution de la pluviométrie en Moyenne Guinée

Globalement pendant toute la période d'étude, les stations de la Moyenne Guinée ont enregistré des cumuls pluviométriques supérieurs à 1000 mm. La moyenne annuelle des cumuls pluviométriques pour la période d'étude a varié entre 1137,7 mm et 1831,9 mm, contrairement aux résultats obtenus par Thierry Agbanou et al. (2018) sur la variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin, où la tendance générale d'évolution de la pluviométrie annuelle moyenne

est à la baisse sur toute la période d'étude (1961 à 2016) [20]. La préfecture de Mamou (située dans le sud de la zone d'étude) est la plus pluvieuse avec une valeur de 1831,9 mm, et celle de Koundara (dans le nord) la moins pluvieuse avec une valeur de 1137,7 mm (*Figure 3*).

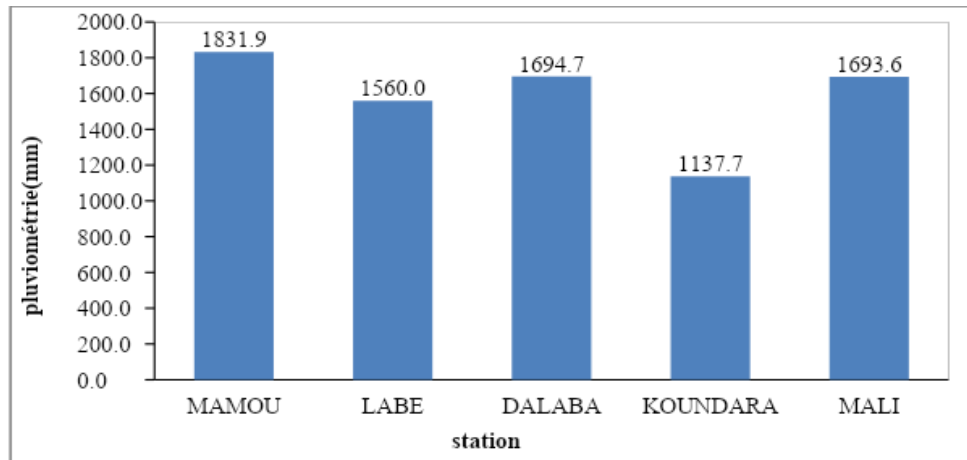


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie dans certaines stations de la Moyenne Guinée de 1998 à 2013

3-3. Evolution comparée du NDVI et de la pluviométrie en Moyenne Guinée de 1998 à 2013

Au pas de temps mensuel, le résultat de l'analyse de la relation entre la pluie et l'évolution de l'indice de végétation NDVI, croît en fonction de la pluie de manière moins significative. Le NDVI atteint son maximum en octobre après les grandes pluies annuelles. Ainsi on constate la baisse de l'indice de végétation également au mois d'Août due à certains facteurs tels que: la fin de la première régénérescence des feuilles, les nuages, les grandes pluies et la réflexion des rayons solaires. Il est remarquable que pour la période 1998 à 2013, les réactions du NDVI aux pluies dans la zone, ont montré que le NDVI croît très rapidement, et paraît suivre l'évolution de la pluie, avec un décalage de deux mois. En ce qui concerne cette période, les pluies s'étalent sur 9 mois dans l'année, et le NDVI reste plus stable. La végétation permanente qui occupe principalement la zone est moins dépendante des pluies annuelles (*Figure 4*).

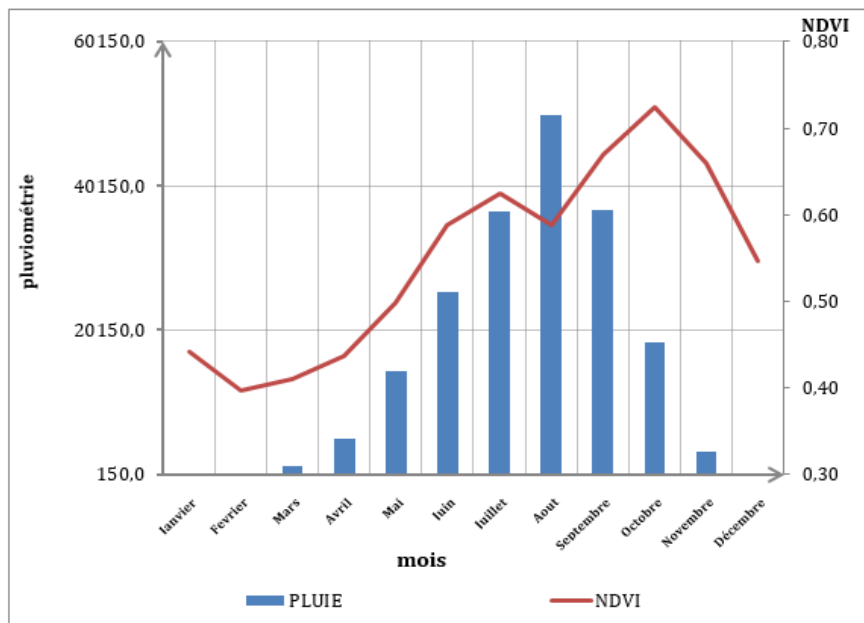


Figure 4 : Evolution mensuelle comparée PLUIE-NDVI de 1998 à 2013

Le minimum est observé en 1998 avec une valeur de l'indice de végétation NDVI de 0,57, qui correspond à une végétation clairsemée, et le maximum en 2012 avec une valeur de 0,64, qui donne une végétation moyenne. Ce découpage a permis d'analyser une zone homogène en termes d'occupation du sol. Les résultats montrent qu'elle est en légère augmentation sur toute la période d'étude de la zone, essentiellement composée de savanes, arbustes arborées, et de forêts denses. L'allure de la pluviométrie en fonction des différents mois de l'année (*Figure 4*) traduit bien la saison de pluie telle qu'habituellement avec le pic du mois d'août à nos latitudes. On sait que la chlorophylle d'une plante en développement absorbe la lumière visible, surtout la rouge, pour l'utiliser en photosynthèse, tandis que la lumière du proche infrarouge se réfléchit très efficacement car la plante n'en a aucune utilité. Dans ce proche infrarouge, les feuilles sont plus transparentes au rayonnement et le niveau de saturation est atteint pour une végétation plus dense que dans le rouge [21]. La verdure des plantes se développe les premiers mois de la saison pluvieuse du fait de l'apport d'eau ; ceci se traduit par l'augmentation conséquente du NDVI. Par contre, au cours de la seconde moitié de la saison, on observe le phénomène inverse. Le décalage de l'ordre de deux mois, observé entre les pics de la pluviométrie et du NDVI, est le temps pour que l'apport d'eau se traduise remarquablement sur le feuillage. En outre, on constate un processus qui met en évidence une légère augmentation du NDVI annuel au cours de la période 1998 - 2013. Cette augmentation est moins importante un an après les grandes pluies. Elle est due à la fois aux pluies et à l'activité humaine (*Figure 5*).

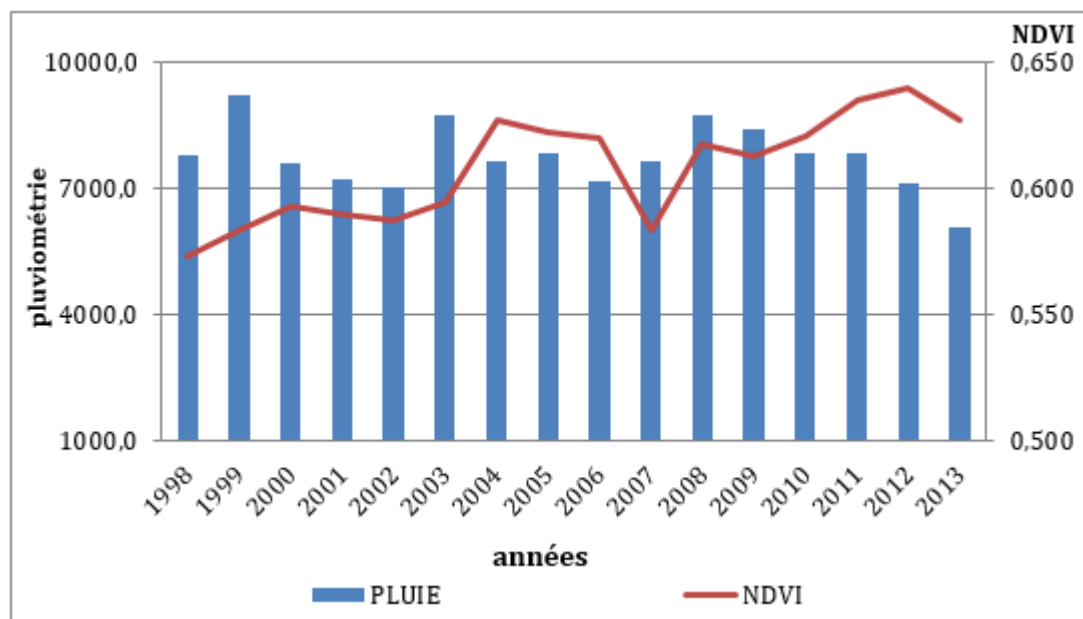


Figure 5 : Evolution comparée annuelle Pluie-NDVI en Moyenne Guinée de 1998 à 2013

3-4. Analyse des effets spatiaux des précipitations sur l'évolution de la couverture végétale (NDVI)

3-4-1. Evolution spatiale saisonnières des NDVI et pluviométrie de 1998-2013

L'analyse des cartes montre que l'évolution moyenne saisonnière du couvert végétal en relation avec la pluviométrie ne correspond pas partout à la distribution spatiale des cumuls pluviométriques enregistrés dans la région. L'effet d'une pluviométrie abondante dans la zone d'étude est perceptible les mois qui suivent. La pluviométrie n'est pas le seul facteur engendrant un NDVI élevé. Il existe d'autres facteurs comme l'existence de forêts classées et la rigueur dans leur exploitation (*Figure 6*).

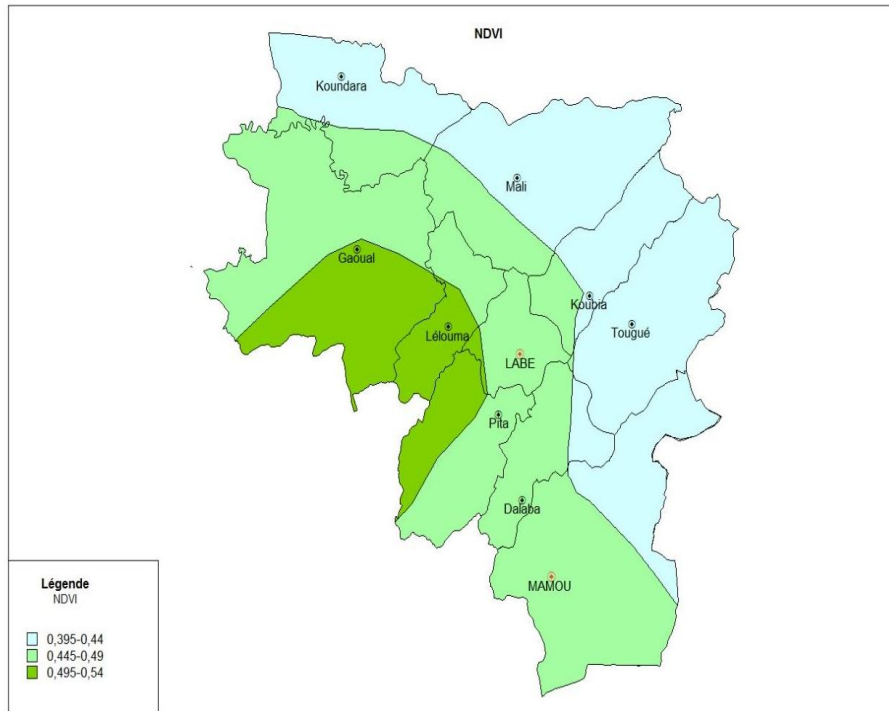


Figure 6 : Evolution spatiale saisonnière du NDVI de 1998 à 2013

Cette **Figure** montre une décroissance du NDVI dans la direction du Sud-Ouest vers le Nord-Est. C'est bien également le sens de la décroissance de la biomasse. On note que le NDVI qui mesure l'intensité de l'activité photosynthétique est élevé pour les types de végétation présentant une importante quantité de biomasse [22]. Toutefois, les préfectures de Dalaba et Mali ont des pluviométries comparables (**Figure 3**), mais des NDVI différents ; ceci pourrait provenir d'une autre variable explicative, l'effet d'environnement ou les actions anthropiques par exemple.

3-4-2. Evolution spatiale NDVI-PLUIE de la période 1998 à 2013

Pendant cette période l'évolution moyenne spatiale de l'indice du couvert végétal ne correspond pas dans certains endroits à la distribution spatiale des cumuls pluviométriques dans cette région. Les préfectures qui ont enregistré les plus fortes quantités de pluie correspondent parfois à une bonne couverture végétale dans la région, pour notre cas les zones de faible pluviométrie ont un bon couvert végétal. La productivité végétale dépend aussi bien des conditions pluvio-thermiques du début de la saison végétative que des contraintes climatiques de la saison estivale et hivernale précédente [23]. La pluviométrie n'est pas le seul facteur engendrant un NDVI élevé. Il existe d'autres facteurs comme l'existence de forêts classées et la rigueur dans leur exploitation, la présence de vergers, de lieux sacrés, la densité des cours d'eau avec leurs galeries, cimetières, la récurrence et l'ampleur des feux de brousse, les dégradations anthropiques parmi lesquelles l'urbanisation et les coupes à blanc, les microclimats spécifiques résultant des phénomènes orographiques et les endroits où l'altitude favorise le brouillard pendant certaines périodes sèches, entraînant une longueur de la période végétative plus élevée (**Figure 7**).

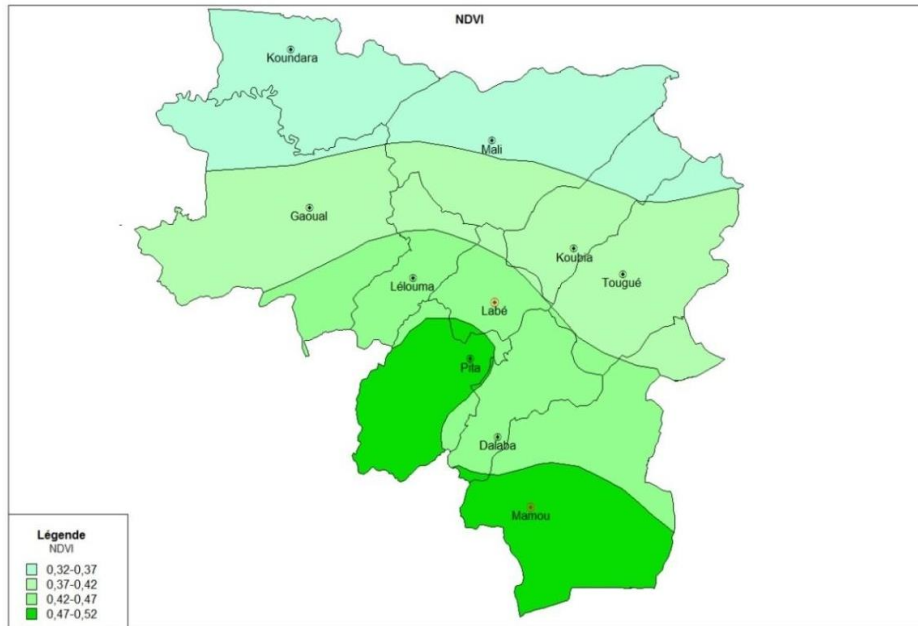


Figure 7 : Evolution spatiale du NDVI de la période 1998 à 2013

3-4-3. Station de Koundara

Pour la station de Koundara, le constat a été qu'à l'échelle annuelle, la corrélation entre la pluviométrie et le NDVI est significative et varie entre des valeurs allant de 0,506 à 0,567 en 2007, 1999, 2012, 2008 et 2003, modérée avec des valeurs comprises entre 0,655 et 0,780 pour les années 2004, 2001, 2002, 2005, 2013, 2006, 2011 et forte en 2000 avec une valeur de 0,863. Cependant, à l'échelle de la saison des pluies, le coefficient est significatif mais varie faiblement cette fois pour les années 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 et 2013 entre 0,409 et 0,519, et modérée en 2006 pour une valeur 0,613 et forte pour les années 2011 et 2012 avec des valeurs respectives 0,822 et 0,842. Le lien est plus fort à l'échelle de la saison de pluie.

3-4-4. Station de Mamou

Malgré la forte pluviométrie enregistrée à Mamou, les coefficients de corrélation à l'échelle annuelle sont significatifs et faibles en 2000, 2001, 2004, 2006, 2008 et 2011 avec des valeurs comprises entre 0,406 et 0,564 et modérée pour l'année 2002 avec une valeur 0,621. A l'échelle de la saison des pluies, le coefficient est négatif mais varie de faiblement en 2003 et 2013 avec des valeurs -0,478 et -0,574 et modérée pour les années 1999, 2000, 2005 et 2007 avec des valeurs respectives -0,631, -0,674, -0,775 et -0,782. Il est à noter que le lien entre pluie et NDVI est plus fort à l'échelle annuelle.

3-4-5. Station de Mali

A l'échelle annuelle, nous constatons que les coefficients de corrélation varient entre significatifs et faibles en 2006 (0,578), et moyens pour toutes les autres années avec des valeurs comprises entre 0,634 et 0,784 et fort en 2000 avec une valeur de 0,844. A l'échelle de la saison des pluies, le coefficient est significatif et varie de faiblement en 2010, 2011, 1999, 2013, 2007, 2002 et 2004 avec des valeurs 0,410, 0,438, 0,453, 0,462 et 0,589, modérée en 2006, 2012, 2001, 2009, 2008 et 2000 avec des valeurs respectives de 0,661, 0,671, 0,698, 0,753, 0,773 et 0,799 et fort en 1998 avec une valeur 0,810. Le lien entre pluie et NDVI est au temps fort à l'échelle annuelle et à la saison des pluies.

3-4-6. Station de Dalaba

Le coefficient de corrélation est significatif l'échelle annuelle et faible sauf en 2001, 2002, 2007, 2008 et 2011 où on a trouvé que le lien est significatif et modéré. A l'échelle de la saison des pluies il faut noter qu'à l'exception de 2007 où la corrélation est forte, elle est significative et faible, les deux paramètres évoluent dans le sens contraire. Le coefficient de corrélation annuelle est plus significatif.

3-4-7. Station de Labé

A l'échelle annuelle, la corrélation entre pluviométrie et NDVI est significative faible en général sauf en 2010 et 2012 où elle est significative et modérée avec des valeurs (0,612 et 0,726). A l'échelle de la saison des pluies, la corrélation est significative faible (0,511) en 2008 pour les autres années n'existe pas et les deux paramètres évolue dans les sens opposés. Cette forte variation du coefficient de corrélation serait les conséquences de la combinaison de divers facteurs, à savoir : certains artefacts sur les données satellitaires, des variations biophysiques, des variations pluviométriques, et des activités humaines. En outre, on constate un processus qui met en évidence une légère augmentation du NDVI annuel au cours de la période 1998 - 2013. Cette augmentation est moins importante un an après les grandes pluies. Elle est due à la fois aux pluies et à l'activité humaine. La réponse de l'évolution de la végétation par rapport à la pluviométrie est : une à deux décades à l'échelle décadaire ; un à deux mois à échelle mensuelle et un à deux ans à l'échelle annuelle. Il ressort de cette partition, que ce coefficient de corrélation est variable. Ainsi on distingue trois zones: une zone de corrélation significative et très forte avec des valeurs atteignant 0,97 dans la préfecture de Dalaba qui rejoint les résultats obtenus par Pierre Diello et al (bassin versant du Nakambé - Burkina Faso, 2005) [24]; on note une forte corrélation dans l'évolution annuelle des deux variables mise en évidence; l'analyse statistique de ces variables montre une liaison significative entre le NDVI et le cumul pluviométrique avec des coefficients de détermination supérieurs à 0,80 [24]. Une zone de corrélation significative et modérée avec des valeurs variant de 0,81 à 0,86 est observée dans les préfectures de Koundara et Mali; et une zone de transition (Mamou et Labé) où la corrélation est peu significative qui rejoint les travaux de Z. A. KOUADIO et al (2017) dont les régressions établies entre ces deux paramètres au pas de temps mensuel ont permis d'obtenir des coefficients de corrélation de 0,6 à 0,8. Il ressort des analyses que, Koundara (situé dans le Nord de la zone d'étude) est la préfecture de la Moyenne Guinée la moins humide et la moins végétative, qui est en accord avec les résultats de Malo et Nicholson; Davenport et Nicholson, que le NDVI est affecté par un effet de seuil. Les valeurs minimum et maximum de NDVI sont en rapport avec les caractéristiques écologiques de chaque zone [25]. Et Mamou (situé dans le Sud) est la préfecture la plus humide et la plus végétative.

4. Conclusion

L'étude de la dynamique du couvert végétal, nous a permis de faire une analyse d'approche de la relation entre la pluviométrie et l'indice de végétation NDVI dans la zone d'étude pour la période allant de janvier 1998 à décembre 2013 soit seize (16) ans. Cette étude a porté spécifiquement sur l'analyse de l'indice de végétation NDVI (1998-2013, SPOT végétation à 8 km de résolution) comparée aux données de pluies disponibles dans les Préfectures. L'analyse des relations pluies-NDVI montre qu'elle est adaptée à la détection des effets du changement climatique, de l'occupation du sol à l'échelle Préfectorale, et à l'identification des Préfectures les plus et les moins végétatives. L'étude a permis de montrer une corrélation entre NDVI et pluviométrie en Moyenne Guinée, pour les cumuls décadaire, mensuelle et annuelle. Il convient

de souligner que le temps de réponse de la végétation aux précipitations varie selon l'échelle de temps considérée. En effet, l'évolution entre les NDVI et les précipitations à l'échelle décadaire est de une à deux décades, à l'échelle mensuelle est de un mois et à l'échelle annuelle de un à deux ans après les grandes pluies. Il en ressort que le coefficient de corrélation obtenu est très variable. Ce qui a permis de diviser la zone d'étude en trois : une zone de corrélation significative et très forte avec des valeurs atteignant 0,97 (Dalaba), une zone de corrélation significative et forte avec des valeurs comprises entre 0,81 et 0,86 (Koundara et Mali) et une zone de transition (Mamou et Labé) où la corrélation est significative et modérée. Il ressort de cette analyse que Koundara est la Préfecture la moins humide et la moins végétative, et que Mamou est la Préfecture la plus humide et la plus végétative. Le manque de données pluviométriques pour les stations de Gaoual, Tougué, Lélouma, Pita et Koubia a empêché de couvrir toute la zone d'étude. Le travail peut être poursuivi si ce gap d'informations est comblé.

Références

- [1] - A. LOTSCH, M. A. FRIEDL and B. T. ANDERSON, Coupled vegetation-precipitation variability observed from satellite and climate record. *Geophys. RES. Lett.*, 30, 14 (2003) 1774 - 1777
- [2] - S. CISSÉ, L. EYMARD, J. A. NDIONE, A. T. GAYE, Analyse statistique des relations pluie-végétation au Ferlo (Sénégal) - XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège (2015)
- [3] - R. Marteau, Dynamique saisonnière moyenne (1981-1999) du NDVI sur l'ouest du plateau sud-africain et relation avec la pluviométrie. Mémoire de Master 1, (2005) 55 p.
- [4] - AWA POUNYALA OUOBA, Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè, Ecole Doctorale Lettres, Sciences Humaines Et Communication - Laboratoire Dynamiques des Espaces et Sociétés (juillet 2013)
- [5] - J. NICOLAS, Cours FUL : Outils Statistiques et Mathématiques pour le traitement des données environnementales. Chapitre : Comparaison des séries d'observations. Paragraphe : Comparaison de deux moyennes pour des échantillons appariés (Janvier 2001)
- [6] - PRÉVOST, Analyse spatiale de la pression animale comme facteur de désertification dans le nord du Sénégal. Télédétection et sécheresse. Éd. AUPELF- UREF. John Libbey Eurotext. Paris Q (1990) 241 - 251
- [7] - S. M. E GROTEN & IMMERZEEL, L'indice de végétation à différence Normalisé (NDVI) et propriétés des images INDVI. (2000) 13 p.
- [8] - BEAVOGUI FA MOÏ et al., Caractérisation des systèmes agraires en Haute Guinée : Orientations pour les acteurs de développement, CRA Bordo. (1992)
- [9] - A. KOUASSI, P. ASSAMOÏ, S. BIGOT, A. DIAWARA, G. SCHAYES, F. YOROBA et B. KOUASSI, Etude du climat ouest-africain à l'aide du modèle atmosphérique régional M.A.R., *Climatologie*, vol. 7, 2010.
- [10] - Ministère de l'environnement, des eaux et forêts (Direction nationale des eaux et forêts), Annuaire des statistiques forestières 2004 - 2013, Conakry (novembre 2015)
- [11] - A. OZER, Introduction à la télédétection et spécialement à la photo interprétation. Laboratoire de géomorphologie et de télédétection. Département de Géographie/Université de Liège. (2005) 67 p.
- [12] - G. B. OYOU, Etude de la relation entre NDVI et pluviométrie dans le bassin versant du KOU 36ème promotion ZIE (ex groupe EIER-ETSHER) (Juin 2007)
- [13] - Z. A. TRA BI, Z. KOLI BI, T. Y. BROU, G. MAHE & A. EMRAN, Télédétection et analyse statistique de la dynamique de la végétation dans un contexte de variabilité climatique sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc) (Juillet 2013)

- [14] - ABDELKADER SBAI, HICHAM LASGAA ET MOHAMED SABRI, Contribution de la télédétection dans l'étude et l'évolution spatiotemporelle du couvert végétal : cas du couloir de taourirt - el aioun et ses bordures montagneuses (Maroc oriental) - La 3ème Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG, Maroc, Oujda les 22 et 23 (novembre 2016)
- [15] - J. N. PRATY, Des systèmes de recherche alternatifs pour une agriculture durable Dossier thématique n° 3 : Analyse des systèmes de production ICRA, Montpellier, France. (1996)
- [16] - Direction Nationale de la Météorologie, Archive des données de la Météorologie, Guinée de 1998 à 2013
- [17] - J. R. JENSEN, Remote Sensing of the Environment : An Earth Resource Perspective, (2000)
- [18] - B. N. HOLBEN, Y. J. KAUFMAN, & J. D. KENDALL, NOAA-11 AVHRR visible and near IR inflight calibration, *inf J. Remote sensing*, 11 (1990)
- [19] - C. L. Meneses-Tovar, L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation - *Unasylva* - 238 - vol 62. 2011/2
- [20] - T. AGBANOU, A. DJAFAROU, G. ABIB SABI OROU BOGO, M. PAEGELow, B. TENTE, Variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin. *Afrique Science*, 14 (3), (2018) 182 - 191, hal-02001707
- [21] - S. M. E. GROTEN & J. E. IBOUDO, Food security monitoring Burkina Faso, NRSP report, 95-32, (1997) 26
- [22] - K. A. KOUAMÉ, A. KOUDOU, K. F. KOUAMÉ, A. M. KOUASSI, S. OULARÉ et G. C. R. ADON, Evolution de l'occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en côte d'ivoire - *rev. ivoir. sci. technol.*, 26 (2015) 173 - 193
- [23] - S. ROMEI, S. BIGOTI et S. LOUISI, Analyse de la variabilité bioclimatique des forêts du Vercors (Préalpes françaises du Nord) à partir des données NDVI de SPOT-VGT (1998-2009), *Revue Télédétection*, Vol. 11, No 3, (2012) 355 - 372
- [24] - Pierre DIELLO, GIL MAHE, JEAN-EMMANUEL PATUREL, ALAIN DEZETTER, FRANÇOIS DELCLAUX, ERIC SERVAT & FREDERIC OUATTARA, Relations indices de végétation pluie au Burkina Faso : cas du bassin versant du Nakambé Hydrological, *Journal des Sciences Hydrologiques*, 50 (2) (avril 2005)
- [25] - ISSA GARBA, ISSIFOU ALFARI, MAHALMOUDOU HAMADOUN, BAKARY DJABY, IBRA TOURE, Suivi de la végétation par satellite : cas de l'utilisation des images icn, vci et sndvi pour la prévision qualitative des productions végétales - N'djamena, 27-29 (mai 2013)