

SUIVI DE LA DEGRADATION DE LA VEGETATION STEPPIQUE A L'AIDE DE LA TELEDETECTION : CAS DES PARCOURS STEPPIQUES REGION DE DJELFA (ALGERIE)

M. KHADER*, K. MEDERBAL*, M CHOUIEB**

* Laboratoire RSBG Université de Mascara Algérie email : mohs_khader@gmail.com

** Université de AbdE ElHamid Ben Badis Mostaganem Algérie

RESUME

Cette étude s'intéresse à une zone pilote de la steppe algérienne située au Nord de la wilaya de Djelfa. Il s'agit d'une zone où l'activité pastorale constitue, depuis toujours, la base de l'organisation sociale et la ressource économique principale. Aujourd'hui, face à la désorganisation du tissu social, aux phénomènes de désertification et à l'érosion, les parcours connaissent une dégradation intense compromettant l'avenir de l'activité pastorale. C'est dans ce souci qu'une approche méthodologique est élaborée visant à caractériser la situation écologique actuelle, en utilisant des outils performants comme la télédétection et les SIG. Ainsi une carte d'occupation du sol contenant une caractérisation des différents parcours de la zone est réalisée par l'utilisation de l'imagerie Landsat.

MOTS CLES: dégradation, semi-aride, steppe, NDVI, changement, image.

ABSTRACT

This study is interested in a pilot zone of the Northern Algerian steppe of Djelfa. It is about a region where the pastoral activity establishes for a long time, the basis of the social organization and the main economic resource. Today, facing the disorganization of social cloth, to the phenomena of desertification and to the erosion the courses know an intense degradation that puts in mortgage the future of the pastoral activity.

It is in this worry that we elaborated a methodological approach aiming to characterize the present ecological situation, by using effective tools to know the remote detection. So the map of soil occupation containing a characterisation of the different courses of the zone has been achieved by the use of the Landsat picturery.

KEY-WORDS: Degradation, semi-arid, steppe, NDVI, change, image.

1 INTRODUCTION

En Algérie la zone steppique forme un ruban de plus de vingt millions d'hectares s'étendant, du Sud Ouest au Nord Est, en une barrière écologique naturelle entre un Sahara en mouvance et un Tell en perte de fertilité (Khader *et al*, 2006). Cette steppe subit une dégradation dont le rythme et l'intensité s'accroissent de plus en plus, conduisant à une réduction du potentiel biologique et à une rupture des équilibres écologiques et socio-économiques (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996, Nedjraoui, 2004). De nombreux facteurs, le plus souvent agissant en synergie, concourent à la dégradation de la steppe. Un rude climat et des précipitations irrégulières et rares buttent depuis déjà quelques décennies, contre un accroissement démographique et une exploitation inadaptée des ressources naturelles. Cette situation est de fait fort préoccupante ; néanmoins, s'il est confirmé maintenant que les risques de

désertification s'accroissent et se multiplient lorsque les facteurs anthropiques agissent sur les écosystèmes au-delà de leur limite de résistance (Djellouili Y et Nedjraoui D., 1995 ; Aidoud., 1996 et Nedjraoui. et Bédrani , 2008). La gestion de cette espace pastoral obéit largement encore à des pratiques traditionnelles ayant prouvé leurs limites. L'obligation de s'approprier des outils performants pour l'investigation et la prospection est, fortement recommandée dans toute réflexion sur des modèles de gestion appropriés. La télédétection est une importante source d'information pour la gestion des couverts végétaux (Mederbal, 1983 ; Bonn et Rochon, 1992 Girard et Girard, 1999 ; Jauffret, 2001 et Aziza Ghram-Messedi et Delaitre, 2007).

Les indices de végétation dérivés des données radiométriques de la télédétection, sont largement utilisés dans les programmes de surveillance de la dynamique de la

végétation et la cartographie des changements survenus dans les différents écosystèmes. (Fensholt, et Rasmussen 2004; Ji. L et Peters, 2004; Anyamba, et Tucker, 2005 ; Jagdish, 2009 et Ram, 2009)

Notre objectif est de cartographier l'état des parcours steppiques dans la région semi-aride par comparaison des indices de végétation normalisés (NDVI) dérivés d'images satellitaires couvrant la même zone en deux dates différentes ; l'étude porte sur la partie nord de la wilaya de Djelfa.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Site d'étude

La Zone d'étude est située au Sud de la capitale algérienne, sur l'Atlas saharien : 3°15' Est et 34°41' Nord (Figure 1). Elle est caractérisée par ses parcours steppiques qui occupent plus de 66% de la superficie totale. Ils sont dominés par le groupement à *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Artemisia herba alba* et le groupement à halophytes. Selon les estimations publiées par le B.N.E.D.E.R., (1984), la forêt occupe une superficie d'environ 50.000 ha et reprises par Kadik-Achoubi, (2005). C'est une forêt naturelle, à l'exception de quelques reboisements, composée essentiellement de *Pinus halpensis*. Les agrosystèmes occupent 12 % de la superficie totale. Le climat de la zone d'étude est semi-aride avec une nuance continentale (hiver froid, été chaud et sec), la pluviométrie varie de 350 mm au nord à moins de 200 mm au sud, avec 10 à 13 jours d'enneigement en moyenne et des vents dominants d'origine désertique, secs et chauds, le sirocco boucle une période de 20 à 30 jours en moyenne (Pouget, 1980 et Berchiche et al, 1993)

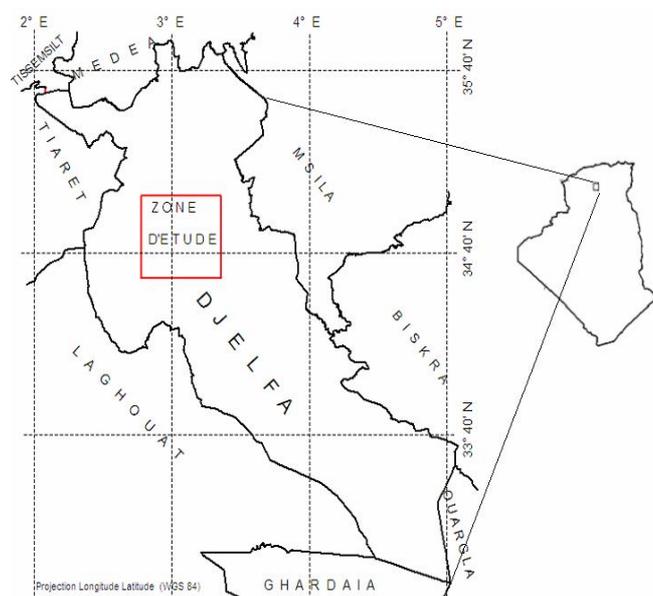


Figure 1 : Localisation Géoréférencée de la zone d'étude

2.2 Données disponibles

La cartographie des changements dans la zone étudiée nécessite l'utilisation des images satellites prises à des dates séparées. A cet effet, deux scènes Landsat-TM et ETM+ couvrant la zone d'étude prise le 24 mars 1987 et le 11 avril 2001 sont utilisées. Bien que, notre zone d'étude soit couverte par des scènes Landsat MSS, Landsat TM et Spot HRV, nous avons opté pour les scènes de Landsat TM 1987 et ETM+ 2001 ; ce choix est justifié par les raisons suivantes :

disponibilité de scènes récentes (1987 et 2001)

les deux images correspondent à la même saison du pic maximum de la production de la végétation (période de mars-avril) ;

les images proviennent toutes du même type de capteur Landsat-TM avec la même résolution spatiale (30 m) : le contenu radiométrique d'un pixel correspond à un même niveau d'échelle d'appréhension de la réalité de l'espace ;

Les conditions climatiques de ces deux années sont plus ou moins comparables ;

Tableau 1 : Les Caractéristiques et les conditions des images prises pour l'étude.

Scène	Date	Heure	Élévation solaire	Azimut solaire	Taille du pixel (m)
195/36	11-04-1987	09h42	51°75	127°09	30x30
195/36	24-03-2001	09h41	49°40	139°00	30 x 30

2.3 Méthode d'analyse des changements

L'approche méthodologique retenue repose sur la comparaison pixel à pixel de l'indice de végétation normalisé dérivé des valeurs radiométriques de l'image pour chaque date. Les différentes étapes de cette méthode sont illustrées par la figure 2.

Cette méthode comparative nécessite l'élimination des distorsions liées aux conditions de prise de vue des images (effet de la géométrie et l'influence des conditions atmosphériques). Pour cet effet et pour pouvoir mettre en évidence les variations de la composition des surfaces, la qualité des prétraitements des séries d'images est cruciale (correction géométrique, radiométrique et atmosphérique (Richard Escadafal, 2007). Les deux images ont été corrigées géométriquement d'après des cartes topographiques et radiométriquement comme première étape, inter calibration par pseudo invariants, Simonneaux et al, (2001), afin de les rendre superposables et comparables.

L'autre étape des prétraitements concerne le calibrage atmosphérique des images, de fait que les facteurs atmosphériques ne sont pas identiques pour les deux dates de prise de vue. Cependant, la méthode relative de correction atmosphérique utilisée par Bonn, F. et Rochon, G. (1992), Bonn, F. (1996) et Régis Caloz et Claude

Collet, (2001) basée sur la sélection sur l'image des objets à priori invariants a été retenue. Un modèle linéaire simple visant à décrire la relation entre comptes numériques des deux images aux deux dates a été établi (1).

$$\rho_{2001} = A * \rho_{1987} + B \quad (1)$$

D'où ρ_{1987} = réflectance en 1987

ρ_{2001} = réflectance en 2001

Le calcul des coefficients A et B du modèle permet donc de rendre identique les conditions radiométriques pour les deux images. L'estimation des deux paramètres de l'équation linéaire A et B est effectuée sur des échantillons (unités d'occupation du sol considérées inchangées dans le temps, cas du bâti, mont rocher de sel, sable, routes et retenue d'eau. Les données utilisées pour la correction radiométrique relative et les paramètres de la relation linéaire sont présentées sur le tableau suivant :

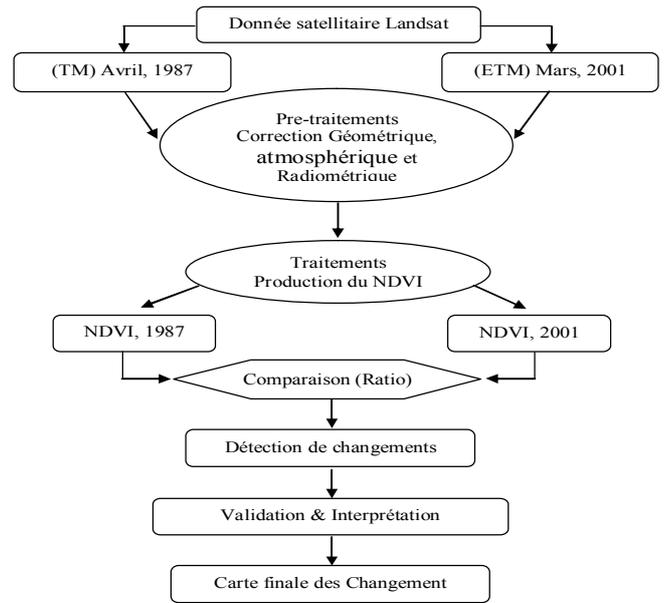


Figure 2 : Organigramme méthodologique des différentes étapes de l'étude de changement

Tableau 2: Moyennes radiométriques des échantillons sélectionnés pour l'estimation des coefficients de normalisation atmosphérique.

Canal	Image de 1987					Image de 2001					Coefficients	
	Sable	Bâtis	MontRoché de sel	route	retenu	Sable	Bâtis	Mont Roché sel	route	retenue	A	B
TM1	0,216	0,085	0,073	0,116	0,169	0,539	0,256	0,191	0,299	0,482	2,46	0,029
TM3	0,533	0,223	0,116	0,293	0,110	0,436	0,227	0,102	0,253	0,082	0,81	0,013
TM4	0,378	0,272	0,176	0,294	0,189	0,222	0,175	0,108	0,186	0,106	0,607	0,00036

La relation (1) devient donc pour les trois canaux:

$$\rho_{1_{2001}} = 2,46183 * \rho_{1_{1987}} + 0,02893$$

$$\rho_{3_{2001}} = 0,811754 * \rho_{3_{1987}} + 0,013$$

$$\rho_{4_{2001}} = 0,607490 * \rho_{4_{1987}} + 0,000359$$

Ce prétraitement a permis d'avoir comme résultat la normalisation atmosphérique relative de l'image prise en 1987 par rapport à celle de 2001. Après la normalisation atmosphérique, nous avons procédé au traitement des images par la production de l'indice de végétation normalisé (NDVI) pour chaque date afin de montrer l'état de la végétation dans la zone d'investigation (Fig. 3 et 4). Il est observé que la végétation dense correspond aux fortes valeurs de l'indice de végétation NDVI, qui prend une teinte vert foncé (fig.3 et 4). La dégradation de ce dernier jusqu'à son absence se manifeste par une atténuation des nuances de l'indice de végétation du vert au blanc. La comparaison entre ces indices a été réalisée par

l'application d'une simple division pour faire ressortir uniquement les zones qui ont subi des changements entre les dates d'acquisition des images.

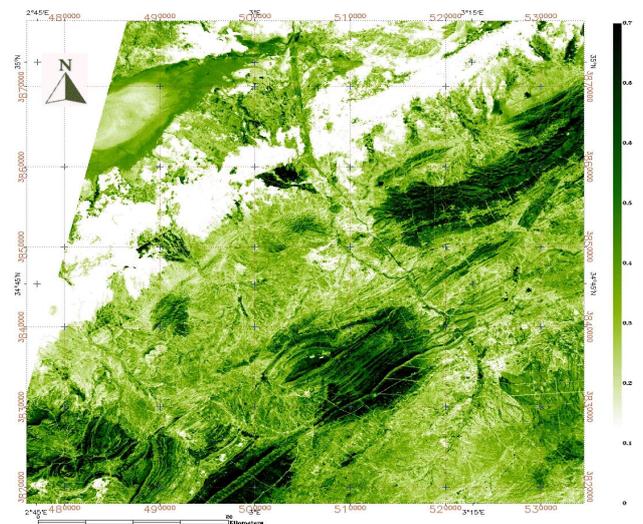


Figure 3: Image de l'indice de végétation (NDVI) du 24 mars 1987

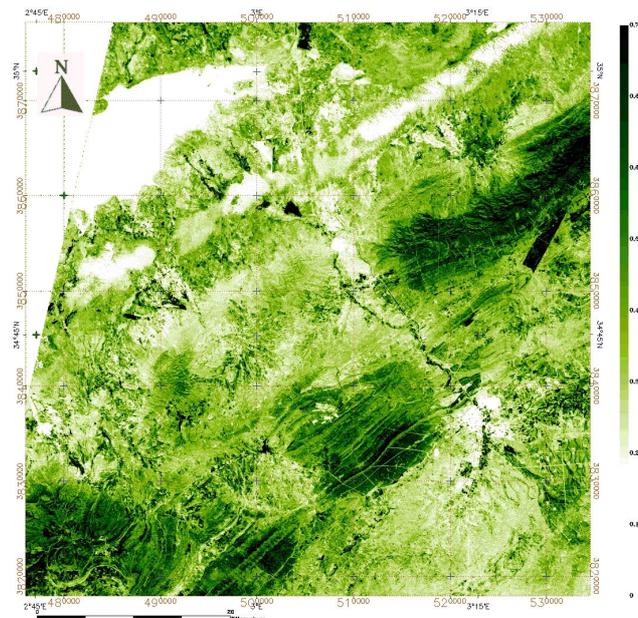


Figure 4: Image de l'indice de végétation (NDVI) du 11 avril 2001

3 RÉSULTATS

Le résultat du rapport ($NDVI_{2001} / NDVI_{1987}$) est une image des changements survenus dans la zone étudiée. Les valeurs de l'histogramme de cette image sont comprises entre -0,33 et 0,70 et sont regroupées dans trois classes suivant les types de changement :

- les valeurs inférieures à 0 \Rightarrow régression de radiométrie
- les valeurs égales à 0 \Rightarrow pas de changement
- les valeurs supérieures à 0 \Rightarrow progression de radiométrie

L'analyse de ces résultats a permis de faire un lien entre l'état de la végétation et le type de changement détecté. La régression de la radiométrie est liée à une dégradation de l'état de la végétation entre 1987 et 2001. L'augmentation de la radiométrie est un signe de variation progressive de cette dernière. Par contre la radiométrie inchangée correspond aux zones relativement stables, il s'agit surtout des sols nus, éclaircies à l'intérieur de la forêt, les pare-feux et le bâti. Les interprétations faites, après investigation sur le terrain, ont permis d'établir la carte de changements de la végétation sur le site expérimental (Fig.5)

Sur une superficie de 47679ha, le taux de régression enregistré sur une période de 14 ans est de 31,01 % de la superficie totale, ce qui explique une intense dégradation due principalement à l'action climatique et la pression anthropozoiqque par le surpâturage et la mise en culture des parcours à armoise et des parcours à sparte et armoise champêtre (tableau n°4). Le taux de progression enregistré durant la même période est de 10,07% (tableau n° 3). Bien que faible, il paraît encourageant, du fait qu'il s'agit surtout d'une progression au niveau du cordon dunaire sous l'effet des travaux d'aménagement pastoral réalisés dans le cadre de la lutte contre la désertification par l'Institut National de la Recherche Forestière, consistant à la fixation mécanique et biologique des dunes, d'autre part des plantations

pastorales à base d'*Atriplex canescens* au niveau du cordon dunaire, *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* en bordure de la sebkha, les mises en défens contrôlées des parcours par le Haut Commissariat du Développement de la Steppe et la remontée biologique des régions Sud Est enregistrée autour de la retenue collinaire réhabilitée durant les années 1990. Alors que les 60% de la superficie totale, parmi laquelle la Sebkha représente 14%, sont restées stables par le fait de l'absence de l'action défavorable de l'homme d'une part et d'autre part la mise en défens de ces parcours.

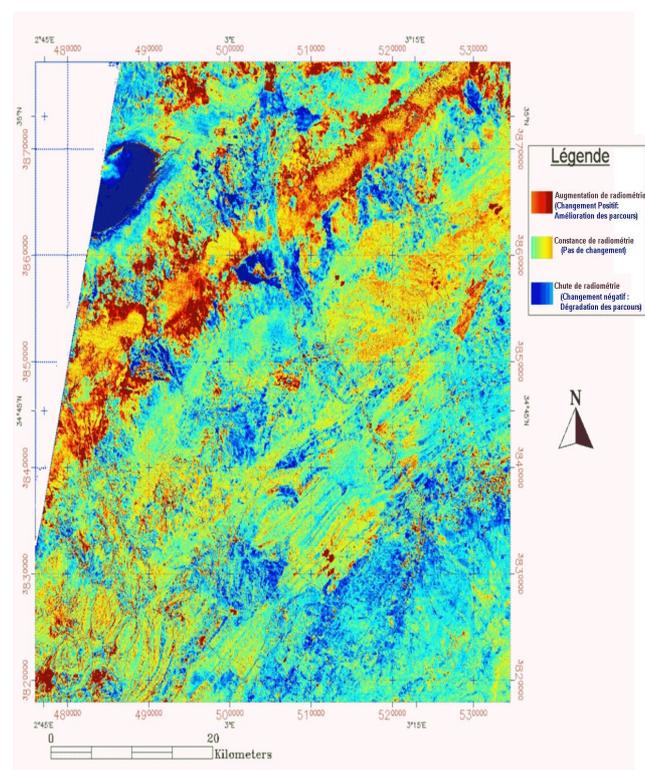


Figure 5: Carte des changements d'occupation des sols

Tableau 3 : L'évolution de l'état biologique de la région d'étude.

	Superficie (ha)	Pourcentage
Régression intense	3896	8,17
Régression modérée	10980	22,84
Stable	28090	58,91
Progression intense	1206	2,53
Progression modérée	3597	7,54
Superficie totale	47679	100

4 CONCLUSION

Dans cette étude, l'accent est mis sur le traitement des données de la télédétection multi-temporelle pour le suivi et l'évaluation de la dégradation des parcours steppiques. La comparaison des NDVI dérivés des images traitées a permis d'obtenir la carte des changements. L'analyse des résultats

montre l'impact de la dégradation dans la zone étudiée. En général, cette zone a connu une régression radiométrique résultant d'un changement dans l'état de la végétation, traduit par une dégradation de 14 876 hectares, soit environ 30% de la superficie totale de la zone d'étude, cette régression est liée à des facteurs multiples notamment l'action anthropozoïque et climatique. Cela n'a pas empêché quand même l'amélioration de quelques parcours, surtout au niveau des sites touchés par l'aménagement pastorale (cordon dunaire, à la périphérie de la sebkha et des retenus collinaires. Toutes fois, les résultats obtenus sont acceptables dans une certaine limite. Il s'agit de l'approche relative de la normalisation atmosphérique des images pouvant être affinée à condition de disposer de données sur l'atmosphère au moment de l'acquisition des images.

REFERENCES

- [1] Aidoud A. 1996. La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7, 187-93.
- [2] Anyamba, A. and C.J. Tucker. 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA AVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments* 63, 596–614.
- [3] Aziza Ghram-Messedi et Éric Delaître. 2007. Les états de surface en zone aride à partir d'indices radiométriques et de classifications multitemporelles d'images Landsat TM prises sur la région de Menzel Habib (Tunisie méridionale) *Sécheresse* 2007 ; 18 (4) : 305- 313.
- [4] B.N.E.D.E.R. 1984. Inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord- Deuxième phase: réalisation d'un plan national de développement forestier. Vol. I et II, 118 p +122 p.
- [5] Bonn, F. et Rochon, G. 1992. Précis de télédétection. Vol. 1 : Principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec et l'AUPELF, Sainte-Foy et Montréal, 485 p.
- [6] Bonn, F. 1996. Précis de télédétection. Vol. 2 : Applications thématiques. Presses de l'Université du Québec et l'AUPELF, Sainte-Foy et Montréal, 633 p.
- [7] Djellouili Y. et Nedjraoui D. 1995. Evolution des parcours méditerranéens. In *Pastoralisme, troupeau, espaces et société*. Hatier ed. 440-454.
- [8] Fensholt, R., I. Sandholt, and M.S. Rasmussen (2004). Evaluation of MODIS LAI, fAPAR and the relation between fAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment* 91, 490–507.
- [9] Girard Michel-Claude, Girard Colette, 1999. Traitement des données de télédétection. DUNOD Ed. Paris, 529 pages plus CD Rom.
- [10] Jagdish Krishnaswamy, Kamaljit S. Bawa, K.N. Ganeshiah et M.C. Kira. 2009. Quantifying and mapping biodiversity and ecosystem services: Utility of a multi-season NDVI based Mahalanobis distance surrogate. *Remote Sensing of Environment* 113, 857-867.
- [11] Ji. L et Peters, A. J. (2004). Forecasting vegetation greenness with satellite and climate data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 1, 3-6.
- [12] Kadik-Achoubi L. 2005. Etude phytosociologique et phytoécologique des formations sa pin d'alep (*Pinus halepensis* mill) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien. Thèse de Doctorat es sciences USTHB Alger. 302p + Annexes
- [13] Khader. M, Mederbal. K et Chouieb. M. 2006 : Rencontre Méditerranéennes d'Ecologie Bejaia Algérie du 7 au 9 novembre 2006.
- [14] MEDERBEL K. 1983. La télédétection aérospaciale et la phyto-écologie. Application à deux régions naturelles d'Algérie : Le littoral (Mostaganem) et l'Atlas saharien (Djelfa). Thèse 3ème cycle, Université d'Aix Marseille III, 17.
- [15] Nedjraoui D. et Bédrani S. 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Revue Vertigo*, volume 8, n°1. <http://vertigo.revues.org/5375>
- [16] POUGET, 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud Algéroises. *Trav.*
- [17] Doc. ORSTOM. : 116 : 1-555 [Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille, 1979].
- [18] Ram B. Gurung , F. Jay Breidt , Amandine Dutin , Stephen M. Ogle. 2009. Predicting Enhanced Vegetation Index (EVI) curves for ecosystem modeling applications. *Remote Sensing of Environment* 113, 2186-2193.
- [19] Richard Escadafal. 2007. Les bases de la surveillance de la désertification par satellites. *Sécheresse* 2007 ; 18 (4) : 263-270.
- [20] Sandrine JAUFFRET. 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs des changements a long terme dans les écosystèmes mediterraneens arides : Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien. Thèse de Doctorat. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille III. France. 325p + Annexes.
- [21] Simonneaux V, Bois C, Sholte K, Delaître E. 2001. Détection d'invariants dans une série temporelle d'images satellitaires en zone aride : application à l'intercalibration et à la correction radiométrique d'images. *Proceedings International Symposium « Les régions arides surveillées depuis l'espace de l'observation à la modélisation pour la gestion durable »*, 12-15 novembre 2001, Marrakech, Maroc (cédérom).
- [22] Régis Caloz et Claude Collet. 2001. Précis de télédétection - Volume 3 Traitements Numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec et l'AUPELF. 400P