

Article

« Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord »

Mohamed Benslimane, Abderrahman Hamimed, Wael El Zerey, Abdelkader Khaldi et Khalladi Mederbal

[VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 8, n° 3, 2008.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/039594ar>

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

ANALYSE ET SUIVI DU PHÉNOMÈNE DE LA DÉSSERTIFICATION EN ALGÉRIE DU NORD

Benslimane¹, M., A. Hamimed¹, W. El Zerey², A. Khaldi¹, K. Mederbal¹, ¹Laboratoire de recherche sur les systèmes biologiques et la géomatique, Centre universitaire de Mascara, B.P. 763, Mascara 29000, Algérie, Courriel : med_benslimane@yahoo.fr, hamimed@dr.com, ²Doctorant université de Sidi Bel Abbès ; Courriel : w.elzerey@dr.com

Résumé : La présente étude a pour objectif de contribuer au suivi de la désertification au nord d'Algérie par l'utilisation des capteurs MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*) de TERRA. A cet effet, certains paramètres géophysiques (albédo "R₀", indice de végétation "NDVI" et température de surface "T_s") sont produits régulièrement et couvrent la période de 2000 à 2005. Les combinaisons de ces paramètres deux à deux en particulier R₀-T_s, NDVI-T_s et NDVI-R₀ ont permis respectivement la caractérisation de l'état hydrique et de l'état de la végétation.

La synthèse de l'ensemble des résultats sous un système d'information géographique (SIG), ainsi que leurs confrontations avec d'autres types de données ont permis de dresser des cartes de la sensibilité à la désertification selon cinq degrés (très bon état, bon état, état critique, état dégradé et état très dégradé). Ces résultats montrent qu'environ 75 % des parcours steppiques sont désertifiés ou au seuil de la désertification.

Mots clés : désertification, télédétection, SIG, paramètres géophysiques, albédo, indice de végétation, température de surface.

Abstract : The present study aims to work out a methodology based on the use of the sensors such TERRA MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*) in the desertification following and the detection of desertification risk zones in the northern area of Algeria. To this end, some geophysical parameters (albedo "R₀", vegetation index "NDVI" and surface temperature "T_s") are produced regularly and cover the period of 2000 to 2005. The combination of these parameters two per two especially R₀-T_s, NDVI-T_s and R₀-NDVI has allowed respectively the characterization of the hydric and vegetation state.

The synthesis of the totality of results under a geographical information system GIS as well as their confrontation with others types of data have allowed to map the desertification risk following five degrees (very high, high, moderated, weak and stable). Our results show that 75 % of the risk zones are already desertify or near of desertification.

Key words: desertification, remote sensing, GIS, geophysical parameters, albedo, vegetation index, surface temperature, Algeria.

Introduction

La désertification est considérée comme l'une des problématiques environnementales les plus préoccupantes du 21^e siècle. Par désertification, on entend une situation de dégradation des terres, liée au contexte socio-économique de l'utilisation des ressources naturelles au-delà de leur capacité de restauration, aggravée souvent par les fluctuations des conditions climatiques. Elle conduit à un déclin permanent des activités économiques, enracinant les populations locales les plus vulnérables dans la pauvreté et les poussant à un exode massif.

Le problème de désertification touche des territoires occupant 39,2 % du globe terrestre, soit environ 51,6×10⁶ km² de terres dégradées (Thomas, 1995).

L'Afrique du nord renferme, à elle seule, une superficie de 4,86×10⁶ km² (Arrar, 1993). Les causes remontent au 11^e siècle suite à l'installation des tribus hilaliennes, introduisant un mode de vie pastoral, basé essentiellement sur l'élevage itinérant d'ovins et caprins. A ce contexte historique, sont venues s'ajouter

des conjonctures socio-économiques, foncières et une sécheresse récurrente et persistante (Le Houerou, 1992), accélérant les manifestations de la désertification des plus inquiétantes. Le fait marquant est principalement le recours à des pratiques abusives, tels que le surpâturage ou encore la mise en valeur des terres pastorales.

Devant ces risques préoccupants, l'Algérie, soutenue par des programmes internationaux, a mis en place de nombreuses actions de lutte contre la désertification en prenant des mesures correctives et préventives (DGF, 2004). Pour suivre la progression de ce phénomène insidieux et évaluer les résultats des actions de lutte, les outils spatiaux, telle que la télédétection satellitaire, semble être privilégiés, car ils permettent d'élaborer des cartes plus précises sur la progression de la désertification à partir des paramètres indicateurs de la transformation du milieu.

La présente étude consiste à utiliser les paramètres de surface, comme l'albédo (R₀), l'indice de végétation (NDVI) et la température de surface (T_s), issus du capteur MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*) de TERRA à faible

résolution géométrique, dans le but de développer une méthodologie pour le suivi de la dégradation des terres et de dresser une carte de sensibilité à la désertification dans l'Algérie du nord.

Description de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la région nord d'Algérie (figure 1), s'étendant sur une superficie de 382 000 km², soit environ 20 % du territoire national où se trouve localisée la quasi-totalité des populations et des activités. Au plan administratif, cet espace est structuré en 39 départements, totalisant 26,5 millions d'habitants, soit une densité moyenne de 69 habitants/km². C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux et de plaines, composé de deux sous-ensembles : le Tell et les Hautes Plaines steppiques.

Le Tell est ordonné en alignements alternés de massifs, de hauteur moyenne, dominés par une dorsale calcaire du Jurassique et du Crétacé où l'on retrouve les monts du Zaccar, de l'Atlas Blidéen, Babors, Hodna, Collo, Skikda, Aurès, les monts des Nememcha, les massifs du Djurdjura (2300 m) et de dépressions représentées par les basses plaines oranaises, la plaine de Chelif et la plaine de Mitidja.

Tandis que les Hautes plaines steppiques sont localisées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, à des altitudes comprises entre 900 et 1200 m, parsemées de dépressions salées, chotts ou sebkhas. On distingue deux grands ensembles : 1) Les steppes occidentales, qui sont constituées des hautes plaines sud oranaises et sud algéroises, dont l'altitude décroît du djebel Mzi à l'Ouest à la dépression salée du Hodna au Centre ; 2) Les steppes orientales à l'Est du Hodna sont formées par les hautes plaines du sud constantinois.

A l'opposé de la zone nord, le Sahara, formant 80 % du territoire national, est un espace désertique, hormis quelques oasis, régulièrement menacés par des problèmes d'ensablement, de dépérissement de palmeraies, de tarissement de sources et de salinisation des sols. Il forme une large barrière qui sépare le domaine méditerranéen au Nord du domaine tropical au Sud. Il est constitué des plateaux (Hamadas et Tassili) où culmine le massif du Hoggar à 3000 m d'altitude, de plaines (regs et ergs) et de dépressions (*sebkha* et *guelta*).

Soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, le climat est de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois aux niveaux des Hautes Plaines, et supérieurs à 6 mois au niveau de l'Atlas saharien.

- La pluviosité : les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle, due à l'existence de gradients (Djellouli, 1990). Elles augmentent d'Ouest en Est (gradient longitudinal), en passant de 450 mm/an à Oran à plus de 1000 mm/an à Annaba, et du Nord au Sud (gradient latitudinal), variant de 1 500 mm à Jijel (niveau de la mer) à 50 mm dans la région du M'Zab.
- Les températures : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid est comprise entre 0 et 9 °C dans les régions littorales et entre -2 et +4 °C dans les régions semi-arides et arides. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud varie avec la continentalité, de 28 °C à 31 °C sur le littoral, de 33 °C à 38 °C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40 °C dans les régions sahariennes.

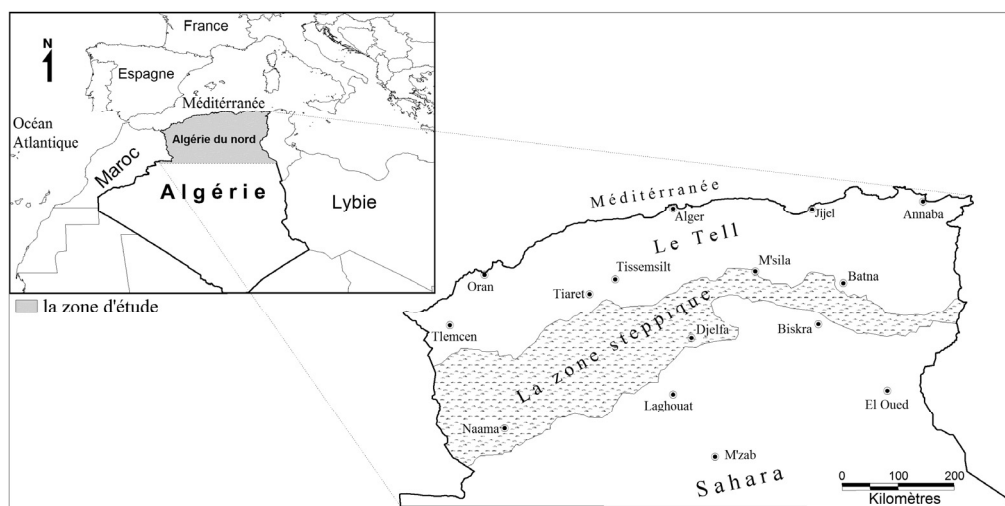


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

- Les sols : On distingue plusieurs types de sols regroupant les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués, les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques, les sols isohumiques et les sols halomorphes (Halitim, 1988).
- Ressources hydriques : La question des ressources en eau reste une préoccupation majeure pour l'Algérie. Les ressources en eau conventionnelle proviennent essentiellement des eaux de surface, totalisant un volume annuel moyen de 12,4 milliards de m³, dont 90 % dans la zone tellienne. A cette réserve s'ajoutent les eaux souterraines, estimées à 1,8 milliards de m³.
- Le couvert végétal : En allant du nord de l'Algérie vers le sud on traverse différents paysages : les forêts de chênes et de pins, des maquis et matorrals (thuya, olivier et lentisque) vers les steppes semi arides et arides (alfa, sparte et armoise) puis les écosystèmes désertiques (acacias et divers espèces graminées).

Matériels et Méthodes

Choix des indicateurs

La désertification d'un milieu se traduit par des modifications profondes des propriétés biophysiques du sol, résultant de l'effet conjugué des facteurs d'ordre naturel et anthropique (Cornet, 2002). Son risque potentiel peut être évalué par des indicateurs, permettant d'alerter et d'aider à entreprendre des actions adéquates.

De par les informations recueillies par les satellites, en particulier l'état de la végétation et des sols, la télédétection constitue un outil de surveillance écologique pertinent pouvant couvrir de vastes territoires. Il s'agit d'une technologie permettant d'observer et d'analyser notre environnement, et consécutivement définir, suivre et évaluer l'état de dégradation des ressources naturelles, notamment l'eau et le sol. Apparue en 1971, la télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite la mettre en application.

Les données de télédétection correspondent à des mesures de certains paramètres de surface (luminance, température apparente, coefficient de rétrodiffusion) qu'il convient de calibrer et de transformer en variables utiles pour les modèles, tels que l'albédo, la température de surface, la biomasse, des indices divers, ...). Sur la base de ces variables, on définit aussi les indicateurs de l'état de désertification et de son évolution.

Ces indicateurs sont destinés à l'identification et à la compréhension du phénomène de la désertification dans ses différentes composantes, de ses causes et effets. Ils peuvent aider à choisir les actions de lutte les plus efficaces.

Il faut noter que ces indicateurs exigent des critères de choix (Etien N'Dah, 2002), tels que : 1) être facilement mesurables et fiables ; 2) offrir une capacité de détection rapide ; 3) fournir une évaluation aussi bien des conditions de stress que de non stress ; 4) refléter les connaissances des changements au sein des écosystèmes ; 5) avoir un rapport de signal significatif.

Les indicateurs retenus pour le suivi de la désertification

La désertification peut s'expliquer par une diminution de la couverture végétale induisant une augmentation de l'albédo, une plus faible quantité d'énergie disponible au sol et une réduction de la température de surface. Il s'ensuit donc une réduction des mouvements convectifs verticaux de l'atmosphère et, par suite, une réduction des précipitations d'origines convectives, s'ajoutant encore au stress hydrique de la végétation et amplifiant le phénomène de désertification progressive.

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi comme indicateurs de suivi de la désertification les paramètres de surface, à savoir l'albédo, l'indice de végétation NDVI et la température de surface, permettant la caractérisation des conditions hydrique et édaphique du milieu.

Les données utilisées

Le jeu de données utilisé dans cette étude est constitué de six images acquises par le capteur MODIS à bord de TERRA, et couvrant la période allant de 2000 à 2005. Pour les rendre superposables, ces images sont corrigées des effets radiométriques et géométriques par utilisation des logiciels ENVI (*Environment for Visualizing Images*) et IDRISI. Toutes les images utilisées sont prises pendant le printemps (le mois de mars), période de production maximale de l'écosystème.

Les données de télédétection sont complétées par des mesures météorologiques provenant des réseaux de l'ONM (Office National de la Météorologie) et de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), concernant les pluviométries moyennes annuelles, correspondantes aux années d'acquisition des images.

Méthodologie

Afin de réaliser la carte de sensibilité à la désertification, nous avons procédé à la détermination des paramètres géophysiques qui sont l'albédo, l'indice de végétation NDVI et la température de surface.

L'albédo (R_0) est défini comme étant une réflectance de surface dans le domaine de l'énergie solaire (0,3-3 μ m). Il est calculé par la formule proposée par Liang et coll (2002) :

$$R_0 = 0,160r_1 + 0,291r_2 + 0,243r_3 + 0,0116r_4 + 0,112r_5 + 0,081r_7 - 0,001t$$

où r_i est la réflectance dans le canal i du capteur MODIS (avec $i=1, 2, 3, 4, 5$ et 7).

L'indice de végétation (NDVI) est calculé à partir des réflectances dans le rouge (r_1) et le proche infrarouge (r_2) :

$$NDVI = \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1}$$

Les température de surface (T_s) est obtenue par conversion suivant la loi de Planck de la luminance dans l'infrarouge thermique qui est ensuite corrigée de effets de l'émissivité par utilisation du modèle TISIE (*Temperature Independent Spectral Indices of Emissivity*) (Wan et Li, 1997).

La caractérisation de l'état hydrique d'une surface se fait par l'analyse des deux caractéristiques spécifiques et complémentaires de la surface du sol, qui sont l'albédo et la température de surface. Par ailleurs, l'état édaphique est caractérisé par l'analyse de la relation entre l'indice de végétation NDVI et la température de surface.

Dans ces deux relations (albédo-température et NDVI-température), nous pouvons définir les seuils de l'état de dégradation liés aux contraintes hydrique et édaphique. Enfin les degrés de sensibilité à la désertification du milieu sont obtenus par combinaison entre l'albédo et le NDVI.

Résultats

Cartographie des paramètres géophysiques

L'albédo

A titre indicatif, nous représentons le résultat obtenu pour le nord de l'Algérie pour l'année 2004 (figure 2). La partie tellienne présente des sols avec un couvert végétal dense. Elle est caractérisée par des valeurs faibles d'albédo, alors que la zone steppique présente des sols à recouvrement végétal faible avec des valeurs d'albédo élevées.

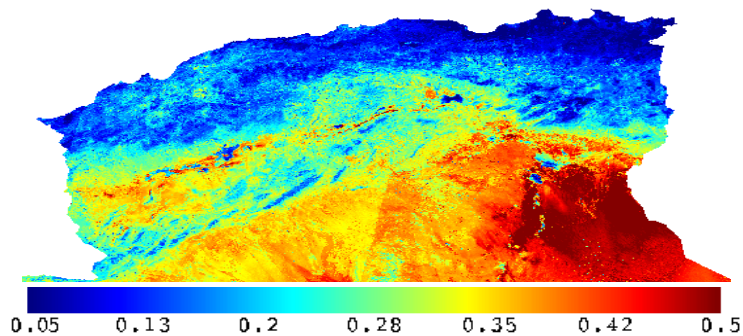


Figure 2. Cartographie de l'albédo de surface des six années d'étude (Année 2004).

L'indice de végétation normalisé

Sur l'ensemble des images des six années, on observe :

- Des fortes valeurs de NDVI pour des sols à recouvrement végétal élevé correspondant aux forêts qui se localisent au Nord-Est (Collo, Kabylie, Aurès-Némamcha, etc.).
- Des valeurs de NDVI moyennes pour des sols à recouvrement végétal moyen correspondant aux terrains irrigués.
- Des valeurs de NDVI faible pour des zones dénudées à comportement désertique qui se trouvent généralement en région steppique.
- Le NDVI des années 2003 et 2004 montre un degré de végétation élevé par rapport aux autres années. Les données pluviométriques confirment ce constat. Cela nous amène à dire que les années 2003 et 2004 sont pluvieuses par rapport aux autres années.

A titre indicatif, nous représentons les résultats des images NDVI pour l'année 2004 (figure 3).

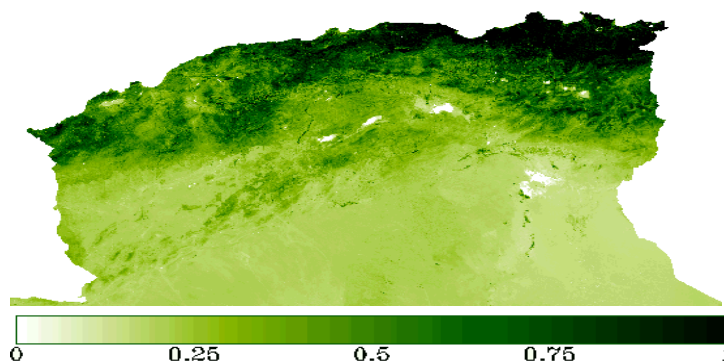


Figure 3. Cartographie de l'indice de végétation en 2004

La température de surface

L'analyse des images utilisées dans cette étude a permis de montrer que la température de surface est fortement corrélée à l'activité chlorophyllienne du milieu. Les valeurs supérieures correspondent à des régions où les sols nus sont dominants, tandis que les faibles valeurs caractérisent les régions à couverture végétale dense.

Combinaison des paramètres géophysiques

Combinaison R_0 et T_s

La relation entre l'albédo et la température de surface permet de donner une forme géométrique en « cloche ». La température maximale définit la valeur seuil d'albédo, correspondant à 0,35.

Cette valeur sépare deux mécanismes physiques (Bastiaanssen, 1995): une régulation hydrique dans les surfaces humides où la température de surface augmente quand l'albédo augmente (contrôle par évaporation), puis une régulation radiative (contrôle radiatif) caractéristique des surfaces sèches où l'eau est insuffisante pour déclencher le contrôle par l'évaporation.

A titre indicatif, nous représentons la courbe de corrélation entre l'albédo et la température de surface pour l'année 2004 (figure 4).

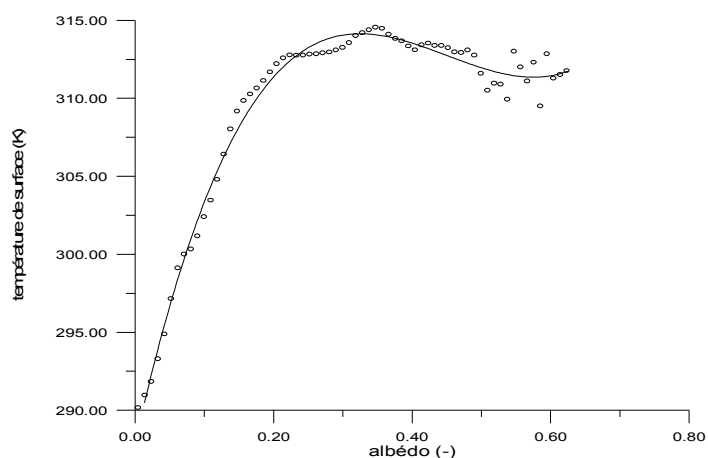


Figure 4. Ajustement entre les valeurs de la température de surface et l'albédo (année 2004).

Les valeurs d'albédo inférieures à 0,30, pour lesquelles la pente est positive, correspondent à des zones humides à logique hydrique à faible risque de dégradation. Les zones très sèches à logique radiative sont associées à des valeurs d'albédo supérieures à 0,35. Les zones critiques à risque de dégradation liée à la contrainte hydrique ont des valeurs d'albédo comprises entre 0,30 et 0,35.

Combinaison des paramètres NDVI- T_s

La méthode employée s'appuie sur la relation entre NDVI et T_s qui dépend, entre autres, du type de surface. Elle se base sur une régression linéaire locale entre les valeurs de NDVI et de T_s . Il est alors possible de déterminer le type de recouvrement végétal d'une manière binaire suivant le sens de la régression : si celle-ci est négative, le type de surface est décrété de végétation, et si elle est positive, le sol est nu.

La corrélation de l'indice de végétation et de la température de surface, avec la même approche citée précédemment permet également d'identifier quatre classes suivant leur état végétatif : recouvrement végétal élevé, recouvrement végétal moyen, recouvrement végétal faible et zones dénudées à comportement

désertique. A titre indicatif, le résultat de la corrélation pour l'image de l'année 2004 est représenté sur la figure 5. On remarque une corrélation inverse entre la température de surface et l'indice de végétation, notamment pour les zones à fortes taux de recouvrement végétal, où on peut constater T_s de moins de 22 °C pour un NDVI supérieur à 0,65.

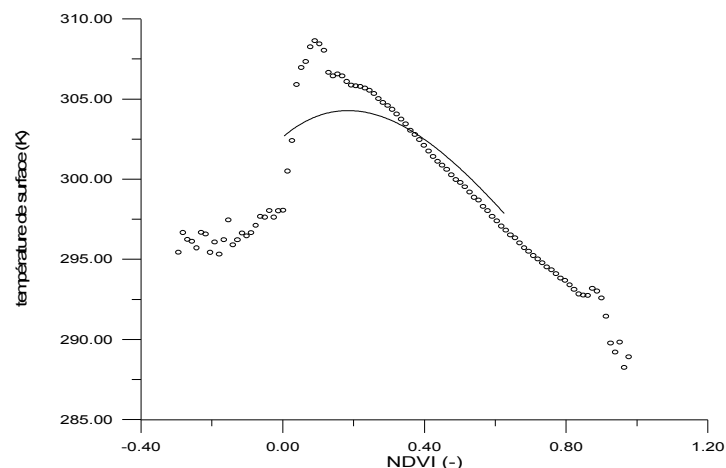


Figure 5. Ajustement entre les valeurs NDVI et la température de surface (année 2004).

Combinaison des paramètres NDVI- R_0

L'allure générale du nuage de points pour la relation NDVI=f(R_0) prend la forme d'un L. La base du L traduit une forte amplitude de variation de l'albédo, pour une faible amplitude de variation du NDVI. Dans le cas de la branche verticale du L, c'est l'inverse. Ce constat est évident pour toutes les images. Lorsque le NDVI affiche une réponse dynamique forte, l'albédo exprime une faible dynamique et vice versa. La combinaison NDVI- R_0 nous permet d'avoir une information sur les niveaux de dégradation de surface (Lamsanni, 2000).

Pour un NDVI de 0,62 on a un albédo égal à 0,1. Ceci nous ramène à considérer cette classe comme zone à taux de recouvrement végétal élevé. Le NDVI de 0,40 correspond à un albédo de 0,15, on peut considérer cette classe comme zone à taux de recouvrement végétal moyen. Pour les zones sensibles à la dégradation, on a un NDVI de 0,25 avec un albédo de 0,20. Enfin, pour la classe où l'albédo est élevé (0,35), on a un NDVI faible (0,15), correspondant aux zones dégradées à comportement désertique. Ainsi, nous constatons que le NDVI est fonction inverse de l'albédo ($NDVI = a \cdot 1/R_0 + b$), ce qui nous amène à transformer la valeur de NDVI en sens inverse pour l'estimation des coefficients de la régression simple a, b (figure 6).

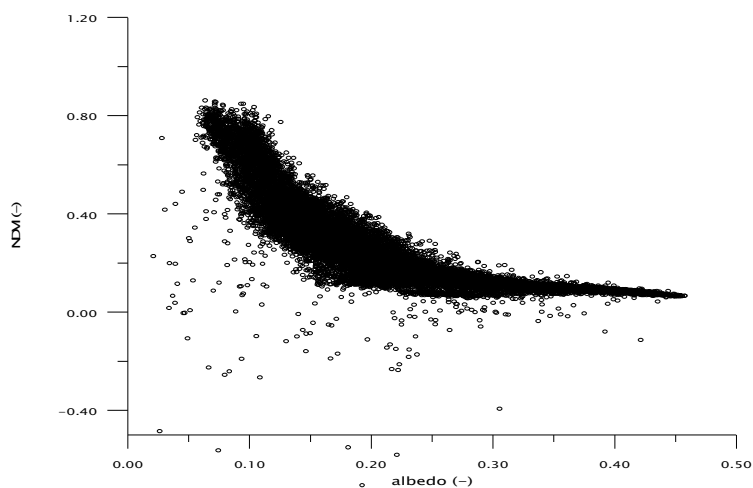


Figure 6. Ajustement entre l'albédo et NDVI

Elaboration de la carte de sensibilité à la désertification

La carte de sensibilité à la désertification est basée sur la synthèse d'une base de données émanant de la combinaison de $T_s = f(R_0)$, $T_s = f(NDVI)$ et $NDVI = f(1/R_0)$ (figure 7). La procédure d'élaboration de cette carte comporte les étapes suivantes : 1) détermination des courbes d'ajustement et des valeurs de sensibilité à la désertification pour chaque année ; 2) élaboration d'une carte de synthèse de sensibilité à la désertification pour toute la période retenue (2000-2005) ; 3) segmentation de la carte obtenue en seuils de dégradation (état très dégradé, état dégradé, état critique, bon état et bon état).

Une confrontation des résultats obtenus, relatifs à la cartographie de sensibilité à la désertification, avec la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (figure 8) montre une bonne concordance, ce qui met en évidence que le déficit pluviométrique observé durant ces dernières décennies est l'une des causes principales de la dégradation des sols.

Discussion

De la carte de sensibilité à la désertification, exposée précédemment, on peut constater que les zones sensibles à la dégradation se trouve tant dans la partie tellienne constituée de massifs montagneux érodés que dans les parcours steppiques, limités par les isohyètes 100 et 400 mm. Les causes et les conséquences de cette dégradation sont multiples et diversifiées en fonction des composantes naturelles et socio-économiques de chaque région.

Dans la zone Tellienne, la cause essentielle réside dans l'érosion hydrique. Ce phénomène est dû à la conjugaison des facteurs climatiques et édaphiques, des conditions socio-économiques et de l'action anthropique que subissent les sols. Les conséquences de cette dégradation se manifestent tant sur la modification

profonde du milieu physique (disparition du couvert végétal, ravinement et stérilité du sol, etc.) que sur les aspects économiques (diminution de la productivité des terres, envasement des barrages, etc.) et sociaux (paupérisation des catégories de populations rurales).

L'érosion hydrique affecte 28 % des terres en Algérie du nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées du fait de la prédominance de la constitution argileuse et marneuse des couches superficielles du sol, la forte pente des massifs montagneux et les pratiques culturales non adaptées. Cette érosion est traduite par la formation de rigoles et de ravines sur les versants avec affleurement de la roche mère et une évolution en bad-lands (Hadjiat, 1997).

Globalement, le taux de dégradation dans l'ouest du pays représente 47 % des terres, soit un taux excessivement élevé, comparativement aux autres parties du pays. La distribution de cette dégradation par zones géographiques de l'Algérie du nord fait ressortir que les massifs montagneux de *Beni Chougrane*, les *Tessala* et les *Trara* sont les plus exposés à ce phénomène (BNEDER, 1980), avec un taux d'instabilité des terres de l'ordre de 56%. Cet écart entre l'Est et l'Ouest du nord de l'Algérie en matière de niveau d'instabilité des sols, trouve son explication dans la combinaison de plusieurs facteurs tels que la consistance géologique, les facteurs bioclimatiques, la couverture forestière et les techniques culturales appliquées en agriculture de montagne.

Par ailleurs dans la zone des Hauts Plateaux steppiques, à vocation agro-pastorale, la cause de dégradation des sols est principalement l'érosion éolienne. Celle-ci affecte les parcours arides et semi-arides sous l'action des phénomènes naturels (sécheresse, diminution des capacités nourricières du couvert végétal, tarissement des points d'eau, etc.), mais également de nouvelles données socio-économiques s'amplifiant depuis quelques années tels que la surcharge du cheptel, la désorganisation des parcours de pacage et le « vide juridique » en matière d'appropriation des anciennes terres collectives (*Arch*).

A ces facteurs, s'ajoute le mode de vie pastoral, encouragé par les conjonctures diverses, notamment, la disparition quasi-totale du nomadisme, la sédentarisation des éleveurs, le recours aux défrichements des parcours par des labours profonds et mécanisés et l'expansion de la céréaliculture à faible rendement sous la couverture de la loi « APFA » (Accession à la Propriété Foncière Agricole). En somme, le déclenchement de cette course à l'exploitation « minière » du sol, sans aucune contrepartie (travaux de restauration et d'amélioration foncière, fertilisation, mise en place de réseau de brise-vent,...), aidé par la présence de couloirs des vents violent en provenance de l'Atlantique, emportant les fines particules de sables, limon et argiles pour ne laisser sur place qu'un sol caillouteux et stérile.

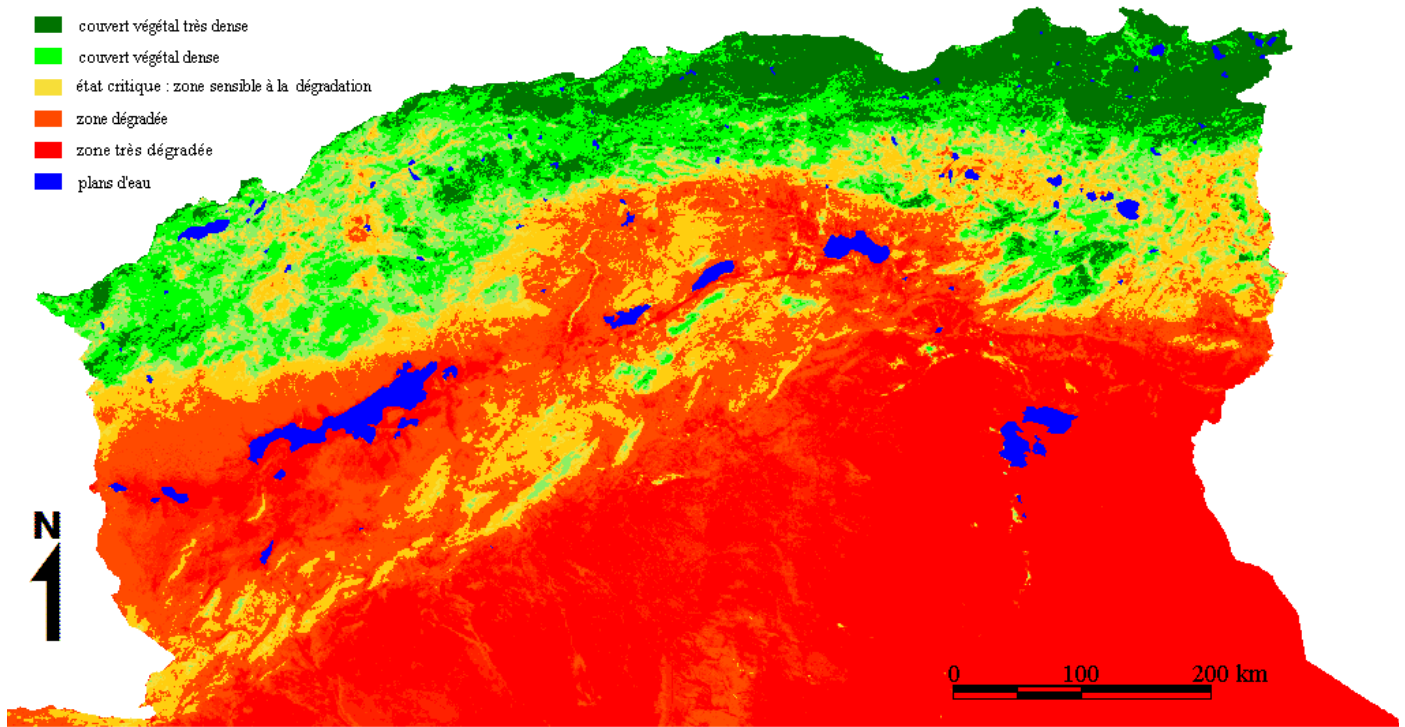


Figure 7. Carte synthèse de sensibilité à la désertification (2000-2005).

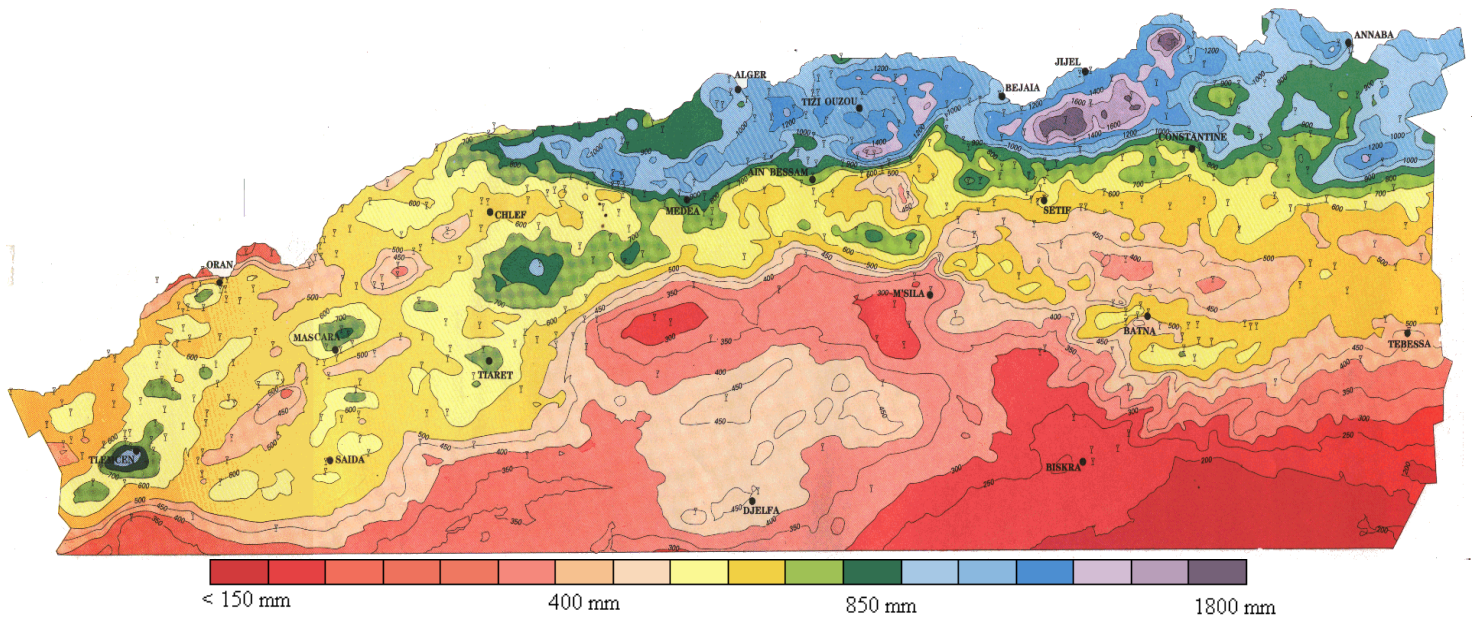


Figure 8. Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord (source : ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, 1993)

Tableau 1. Synthèse des résultats relatifs à la sensibilité à la désertification (2000-2005)

zone	Surface (km ²)	Surface des plans d'eau (%)	Etat du sol (%)				
			Très bon	Bon	Critique	dégradé	Très dégradé
Algérie du nord	395 342,4	1,56	7,75	20,5	11,0	34,4	24,8
Région steppique	99 899	4,01	0,10	5,5	15,6	65,4	9,5

Bien évidemment, d'autres causes de dégradation des parcours steppiques existent. Cependant, pour se limiter qu'aux facteurs les plus redoutables, les résultats obtenus pour la région steppique nous permettent de conclure que les sols dont l'état est considéré comme « très dégradé » représentent 9,5% de la superficie des parcours steppiques, soit une superficie de 945 000 ha (Tableau 1).

Ces sols sont considérés comme n'ayant aucune possibilité de remontée biologique, donc une forte probabilité d'être totalement désertifiés. Notons, que cette catégorie de sol, recensée par le BNEDER (1980), représentait 600 000 ha à cette époque. Ceci induit à une accélération du phénomène de désertification avec un taux annuel moyen de 13 800 ha/an. Par sous-zone, on peut remarquer que la quasi-totalité de ces terres dégradées est localisée dans les Hautes Plaines ouest, appelé communément steppe sud-oranaise (figure 7).

En ce qui concerne la classe des terres en état dégradé, on recense 65,35 % des parcours steppiques, soit une superficie de 6 521 865 ha. Les données du ministère chargé de l'environnement, se basant sur l'étude du BNEDER (1980), évaluent cette catégorie des sols à un taux de 55 % par rapport aux parcours steppiques, soit une augmentation de 10 % entre 1980 et 2005. En valeur relative, cela représente en moyenne une dégradation d'une superficie de 40 000 ha/an.

Enfin, selon les résultats obtenus dans cette étude, la catégorie des sols en état « dégradé » et « très dégradé », relative à la zone steppique, totalise actuellement une proportion de 74,81 %, soit une superficie 7,5 millions d'ha. A titre de comparaison, les observations réalisées par le CNTS (Centre National des Techniques Spatiales) (Oussedik et coll, 2003), estiment que le phénomène de désertification, affectait en 1996 près de 70 % de la superficie de la steppe algérienne. Cela confirme, clairement l'augmentation sensible de ce fléau de l'ordre de 4,8 % pour une période de dix ans.

Avec un tel phénomène, les observations relatives au suivi-évaluation de la sensibilité à la désertification, estimé en moyenne à 200 000 ha/an, l'Algérie du nord est réellement confrontée à une forte vitesse de dégradation écologique de son sol et ses conséquences qui en découlent sur le plan socio-économique de ce territoire steppique. Ceci confirme les résultats des travaux antérieurs au niveau de certaines stations

expérimentales dans la steppe sud-oranaise (Djellouli et Nedjraoui, 1995) qui estiment une disparition de la végétation annuelle passant de 48 à 23 espèces.

Conclusion

L'exploitation des données satellitaires issues du capteur MODIS, et particulièrement les paramètres géophysiques et les différents résultats obtenus, sur la caractérisation de l'état hydrique et de l'état de la végétation montrent une bonne cohérence. L'intégration de la température de surface, le NDVI et l'albédo (R_0) ont permis l'élaboration d'une carte de synthèse de sensibilité à la désertification, répartie selon cinq classes : très bon état, bon état, état critique ou sensible à la désertification, état dégradé et état très dégradé ou désertifié.

Ces résultats montrent que 74,81 % des parcours steppiques sont au seuil de la désertification. Comparée aux travaux de 1996, réalisés par le CNTS (Centre National des Techniques Spatiales), on peut confirmer que l'évolution phénoménale de ce fléau naturel, durant ces 20 dernières années s'accélère selon un rythme d'environ 40 000 ha/an. Face à cette situation, l'alternative consiste à la prise en charge d'un certain nombre d'actions d'une extrême urgence, notamment en procédant à :

- Un diagnostic de l'état de la désertification au niveau national ;
- L'identification des zones menacées par ce type de catastrophe naturelle et les priorités d'intervention ;
- La préparation des plans d'intervention et d'aménagement pour la lutte contre l'avancé de fléau naturel, en associant l'ensemble des acteurs, chercheurs, collectivités locales et les populations concernées ;
- L'élaboration d'un système d'information sur la désertification pour la prise de décision et une large information du public sur ce risque majeur qu'encours les deux rives de la Méditerranée en général et l'Afrique du Nord en particulier.

Par cette contribution, l'objectif est de développer une méthodologie pratique et opérationnelle pour la mise en œuvre d'une carte de sensibilité à la désertification, basée essentiellement sur l'acquisition peu coûteuse des données, tels que les indicateurs géophysiques, fournis par le capteur MODIS.

Cette méthode pourrait être également appliquée à des régions similaires, en vue de parvenir à cerner les paramètres influant l'expansion de la désertification, ses caractérisations et d'en déceler les causes de son évolution.

Remerciements

Ce travail est supporté par les contrats de recherche CNEPRU : D2901/51/05 et F2901/01/04. Les remerciements des auteurs sont adressés à l'office national de météorologie à Oran, à l'agence nationale des ressources hydriques à Alger pour avoir mis à leur disposition les données climatiques, et aux experts de la revue pour leurs lectures critiques du texte.

Bibliographie

- Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), 1993, Carte Pluviométrique de l'Algérie du Nord, à l'échelle 1:500.000 et Notice Explicative, ANRH, Algérie.
- Arrar, A., 1989, Current Issues and Trends in Irrigation with Special Reference to Developing Countries, In: "Resource Conservation and Desertification Control in the Near East, Report of the International Training Course, DSE, FAO, GTZ, UNESCWA, Germany and Kingdom of Jordan.
- Bastiaanssen W.G.M., 1995, Regionalization of surface fluxes densities and moisture indicators in composite terrain, Ph.D. Thèse, Agricultural University Wageningen, 273p.
- Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER), 1980, Inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord, Rapport final, BNEDER, Alger, 263 p.
- Cornet, A., 2002, La désertification à la croisée de l'environnement et du développement : un problème qui nous concerne, 35 p. [En ligne] : www.csf-desertification.org/catalogue/2001_CSFD_Cornet.pdf consulté décembre 2008.
- Direction Générale des forêts (DGF), 2004, Rapport national de l'Algérie sur la mise en oeuvre de la Convention de Lutte Contre la Désertification, DGF, Algérie, 35 p. [En ligne] : <http://www.unccd.int/cop/reports/africa/national/2004/algeria-fre.pdf> consulté décembre 2008.
- Djellouli, Y., 1990, Flores et climats en Algérie septentrionale : Déterminismes climatiques de la répartition des plantes, Thèse Doct. Sciences, Univ. Sciences et Technologies Houari Boumediene, Alger, 210 p.
- Djellouli Y., D. Nedjraoui, 1995, Évolution des parcours méditerranéens. In pastoralisme, troupeau, espaces et société, ed. Hatier, 440-454.
- Etien N'Dah M., 2002, Indicateurs de l'état de l'environnement pour l'Afrique de l'Ouest, [En ligne] : <http://www.nesda.kabissa.org/Rapports/Indicateurs.pdf>, consulté décembre 2008.
- Hadjiat K., 1997, État de dégradation des sols en Algérie, Rapport d'expertise, Plan National d'Action Environnementale PNAE, Banque Mondiale, Washington DC, 45 p.
- Halitim A., 1988, Sols des régions arides, Office des Publications Universitaires OPU, Alger, 384 p.
- Lamsanni A., 2000, Suivi de la désertification au Maroc à partir d'images AVHRR de NOAA, Télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives, Ed. AUF, 171-176.
- Le Houerou H.N., 1992, Bioclimatologie et biogéographie de steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertification, Série B n°10, CIHEAM, Montpellier, France, 215 p.
- Liang S., C. Shuey, A. Russ, H. Fang, M. Chen, C. Walthall, C. Daughtry, 2002, Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo: II. Validation, Remote Sensing of Environment, 84, 1, 25-41.
- Oussedik A., T. Iftene, A. Zegrar, 2003, Réalisation par télédétection de la carte d'Algérie de sensibilité à la désertification, Sécheresse, 14, 3, 195-201.

Thomas D. S. G., 1995, Desertification: Causes and processes, In: Encyclopedia of Environmental Biology, Vol. 1, ed. W. A. Nierenberg, San Diego, Academic Press, 463-473.

Wan Z., Li Z.-L., 1997, A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 980-996.