

## APPORT DE LA TELEDETECTION DANS LA DETECTION DU CHANGEMENT DES OASIS : CAS DU ZEB EL GHERBI-BISKRA

ASSAMI T. <sup>1</sup> et HAMDY AISSA B. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>CRSTRA Biskra, Biskra 7 000, Algeria

<sup>2</sup>Univ Ouargla, Fac. des Mathématiques et des Sciences de la Matière, Lab. de biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algeria

**Résumé.** L'objectif de cette recherche est de quantifier, dans une région considérée comme la plus importante de point de vue patrimoine phœnicole, les changements qui ont affecté les oasis durant 30 ans et de montrer l'importance de la télédétection comme un outil facilitant le suivi à long terme des oasis. L'étude de la détection du changement des oasis du Zeb El Gherbi situées dans la wilaya de Biskra a été réalisée par la méthode de la différenciation des images en utilisant l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI), calculé sur trois images satellitaires de type Landsat 5TM de l'année 1984 et 2001 ainsi que Landsat OLI pour l'année 2014. Des missions de terrain ont été réalisées afin de valider le travail. Les résultats obtenus ont indiqué une augmentation de la superficie des palmeraies entre 1984 et 2001 de 6123,15 ha et de 6996,78 ha entre 2001 et 2014. Par ailleurs, l'étude a montré une réduction de la vigueur des palmeraies dans les anciennes oasis, probablement due à l'urbanisation et à l'abandon de la palmeraie.

**Mots clés :** Patrimoine phœnicole, Détection du changement, Télédétection, Zeb El Gherbi, Algérie.

## CHANGE DETECTION IN ALGERIAN OASIS USING REMOTE SENSING : THE CASE OF ZEB EL GHERBI-BISKRA

**Abstract.** The objective of this research is to quantify, in a region considered as the most important in terms of date palms, the changes that have affected oases during 30 years and to show the importance of remote sensing as a tool facilitating oasis monitoring. The study of change detection conducted in Zeb El Gherbi oases located near Biskra wilaya, it realized by differentiating images using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which calculated on three satellite images, Landsat 5TM for 1984 and 2001 as well as Landsat OLI for 2014. Field missions conducted to validate work. The results indicated an increase in the area of date palm plantations with 6123.15 ha between 1984 and 2001 and 6996.78 ha between 2001 and 2014. On the other hand, the study showed a reduction of date palms vigour in the ancient oases, probably caused by urbanisation and abandonment of date palms.

**Mots clés :** Phœnicole heritage, Change detection, Remote sensing, Zeb El Gherbi, Algeria.

## Introduction

La majorité des paysages de notre planète sont actuellement transformés par les activités humaines pour répondre aux besoins socioéconomiques des populations [1]. En Algérie, les oasis représentent un milieu favorable à l'installation de la population et un lieu important d'agriculture vivrière. Cependant, nous assistons actuellement à un changement au niveau des oasis causées essentiellement par une augmentation de la population et par la pratique d'une agriculture intensive et spéculative [2]. La région de Zeb El-Gherbi est intéressante de point de vue suivi des changements des oasis, car on observe ces dernières années une augmentation de la superficie dédiée à l'agriculture notamment le palmier dattier, ce qui lui a permis d'être la zone la plus productive de dattes en Algérie [3]. Ce changement reste un simple constat qualitatif, qu'il est nécessaire de quantifier afin de comprendre le mécanisme d'évolution au niveau des oasis. Ainsi, la télédétection qui est un outil indispensable de recherche permet un suivi diachronique et globale des modes de changement de l'occupation des terres sur une superficie importante, grâce aux nombreux capteurs d'images satellitaires disponibles avec une

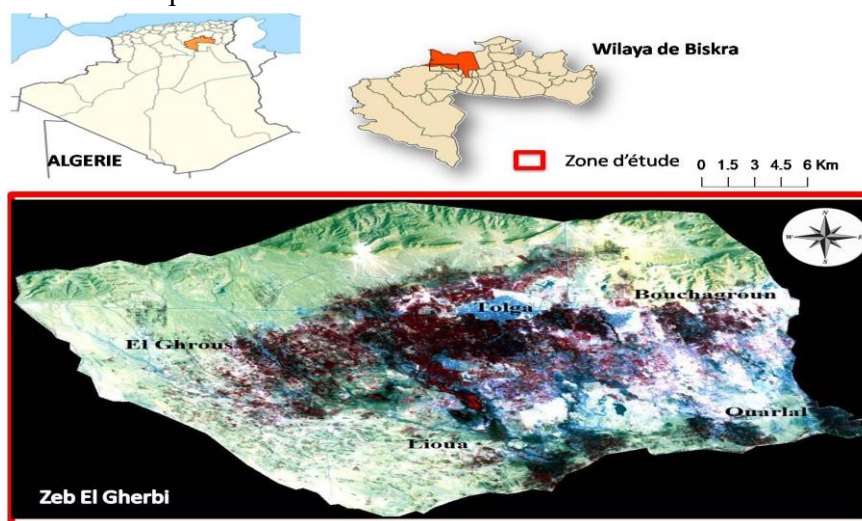
résolution spatiale variant du kilomètre jusqu'au mètre [4]. De nombreux travaux scientifiques ont étudié le changement des écosystèmes oasiens par la télédétection [5, 6, 7], mais peu d'étude ont utilisé les méthodes de détection de changement dans les oasis algériennes [8].

L'objectif de cette étude est d'évaluer le changement des oasis de Zeb El Gherbi sur trois décennies et de montrer l'importance de la télédétection, comme un outil de quantification et de suivi du changement sur le long terme.

## 1- Matériels et Méthodes

### 1.1- Zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans les oasis de Zeb El Gherbi, localisées à l'Ouest de la wilaya de Biskra et au Sud Est de l'Algérie (figure 1). La région est caractérisée par un climat aride avec une précipitation moyenne annuelle de 130 mm et une température moyenne annuelle de 22,9° C. La superficie de la zone d'étude est de 190 763,46 ha. L'agriculture dans la région est dominée par la culture du palmier dattier de la variété Deglet Nour.



**Figure 1** - Localisation de la région de Zeb El Gherbi.

### 1.2 - Choix des capteurs

Nous avons utilisé une série de trois images satellitaires de types Landsat Thematic Mapper 5 du 31/06/1984 et du 31/06/2001 ainsi que Landsat 8 (Operational Land Imager) du 04/07/2014. Le choix des images Landsat s'explique par la disponibilité des images sur une longue période, c'est-à-dire depuis les années soixante dix. Nous avons utilisé le modèle de correction COST (Cosine of the Sun Zenith Angle) pour corriger la réflectance atmosphérique [9]. Pour la correction géométrique des images, nous avons utilisé une dizaine de points d'appui qui sont les carrefours et les angles de routes répartis dans la région d'étude. Les logiciels SAGA [10] et ENVI 4.6 ont été utilisés pour le prétraitement et le traitement des images. Pour la validation, des enquêtes sur le terrain ont été réalisées en se basant sur des cartes topographiques au 1/50 000.

### 1.3- Détection du Changement

Nous avons utilisé la méthode de la différenciation d'image par soustraction, pour identifier les changements survenus entre des images obtenues à deux dates différentes représentant une même région d'étude [11]. Nous avons appliqué cette méthode sur l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI). Cet indice met en valeur la différence entre le proche infrarouge (PIR) et celle de la bande visible du rouge (R) :

$$NDVI = (PIR-R)/(PIR+R) \quad (1)$$

Le NDVI est l'un des indicateurs les plus utilisés pour la surveillance de la couverture végétale, Il est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation grâce à l'activité chlorophyllienne, mettant ainsi en évidence les zones où la végétation est en bonne

condition par rapport aux zones en difficulté. La formule de la différenciation d'image par soustraction à deux dates différentes pour le NDVI est la suivante :

$$NDVI_{diff} = NDVI_{T1} - NDVI_{T2} \quad (2)$$

Où  $NDVI_{T1}$  et  $NDVI_{T2}$  sont les images obtenues au temps  $T_1$  et  $T_2$  et la valeur de  $NDVI_{diff}$  représente le résultat de la différence entre  $NDVI_{T1}$  et  $NDVI_{T2}$ .

À partir de l'image de différenciation, nous avons sélectionné le seuil du changement qui est basé sur une distribution normale caractérisée par la moyenne ( $m$ ) et l'écart type ( $\sigma$ ). Les valeurs en dehors du niveau de confiance déterminé par  $[m-\sigma, m+\sigma]$  sont considérées comme les domaines de changements [12].

## 2- Résultats

### 2.1- Quantification du changement

Les résultats du tableau 1 montre les seuils du changement du NDVI calculé à partir de la moyenne et de l'écart type de l'histogramme de la distribution des pixels pour les périodes 1984\_2001 et 2001\_2014. Ces seuils ont été divisés en deux classes, La classe 1 qui correspond à un haut niveau de changement a indiqué des valeurs élevées et positives, qui reflètent une végétation très dense avec une forte activité chlorophyllienne et une augmentation de la superficie de la palmeraie. La classe 2 concerne des zones avec un bas niveau de changement, ce qui a indiqué une réduction dans la vigueur et la biomasse de la végétation

**Tableau 1** - Distribution des seuils du changement de l'indice de végétation (NDVI).

Période	Classe 1 (Haut niveau de changement)	Classe 2 (Bas niveau de changement)
1984_2001	0,04 à 0,37	- 0,34 à - 0,04
2001_2014	0,12 à 0,45	- 0,37 à - 0,02

Durant la période de 1984 à 2001, les oasis de la région ont enregistré une augmentation de la superficie de la classe 1 de 3,20% en comparaison avec la classe 2 qui a indiqué une augmentation de la superficie de 1,23% par rapport à la surface globale des oasis

(Tableau 2). La seconde période de 2001 à 2014, nous avons observé une augmentation de la superficie de la classe 1 de 3,67% alors que la classe 2 a augmenté de 1,40% par rapport à la superficie totale des oasis (Tableau 2).

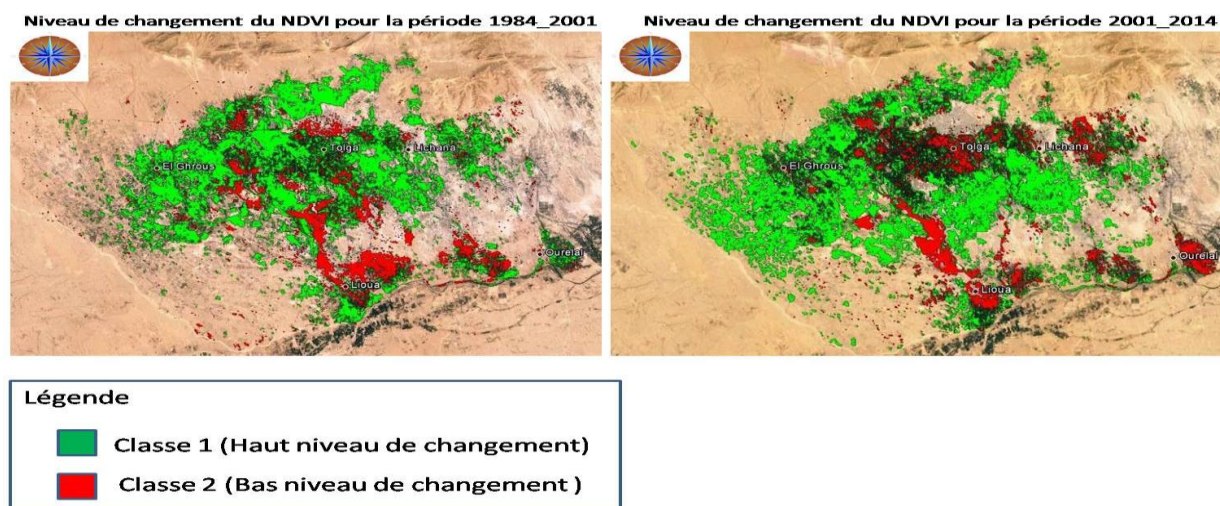
**Tableau 2** - Répartition de la superficie du niveau de changement dans Zeb El Gherbi.

Période	Classe 1 (Haut niveau de changement)		Classe 2 (Bas niveau de changement)	
	Superficie (%)	Superficie (Ha)	Superficie (%)	Superficie (Ha)
1984_2001	3,20	6123,15	1,23	2349
2001_2014	3,67	6996,78	1,40	2671,65

## 2.2- Visualisation des changements de NDVI

La figure 2 montre la distribution spatiale du changement de l'indice de végétation dans la zone d'étude entre 1984\_2001 et 2001\_2014. Les résultats de cette différence ont été reportés sur des images par des  $NDVI_{1984}, NDVI_{2014} > NDVI_{2001}$ , d'autre part la classe 2 avec une couleur rouge a représenté les zones dont les pixels ont une végétation réduite ( $NDVI_{2001} < NDVI_{1984}, NDVI_{2014} < NDVI_{2001}$ ).

classes de niveau de changement, par exemple la classe 1 colorée en vert a représenté les zones où les pixels ont subi une augmentation de la végétation de point de vue qualité et quantité ( $NDVI_{2001} >$



**Figure 2** - Distribution spatiale des classes de changement du NDVI dans Zeb El Gherbi.

### 3- Discussion

La cartographie des seuils du changement de l'indice de végétation pour les périodes 1984-2001 et 2001\_2014 a permis d'interpréter visuellement le changement qu'a subi les oasis de la région d'étude (Figure 2). De 1984 jusqu'à 2001, nous avons observé une expansion marquée de la palmeraie au Nord de l'agglomération de Tolga et à l'Ouest d'El Ghrou (classe 1). Durant cette période nous avons quantifié une augmentation de la superficie de la palmeraie de 6123,15 ha (Tableau 2). Le Sud de la région n'a pas subi de changement significatif dans la zone de plantation de palmiers dattiers, la qualité de la datte dans cette zone n'est pas réputée pour sa haute valeur commerciale à la différence de la datte des oasis du Nord de la région, cela a impacté de manière négative le développement de nouvelles palmeraies. Parallèlement, les zones qui ont indiqué un faible niveau de changement ont progressé d'une superficie de 2349 ha (tableau 2). Ce constat a concerné les palmeraies de la périphérie et du centre des zones urbaines à savoir Tolga, Bordj Ben azzouz et Lioua qui ont manifesté des signes de dégradation des

anciennes palmeraies, cela peut être expliqué par l'abandon de la palmeraie en raison du problème d'héritage et/ou d'un début d'urbanisation.

La hausse de la superficie de la classe 1 avec 6996,78 ha a été observée au cours de la période allant de 2001 à 2014 (Tableau 2). Ce résultat a fait ressortir au Nord de la zone d'étude une expansion de la palmeraie vers l'Ouest, le Sud-Ouest et le Sud d'El Ghrou (Figure 2). En revanche, l'expansion de la palmeraie a été plus limitée au Sud des oasis de Tolga, Lichana et Bou Chagroun en raison de la salinité du sol et de la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol [13]. Au Nord de Tolga, l'expansion de la palmeraie a été ralentie par des contraintes édaphiques due à la présence d'un glacis avec une charge caillouteuse importante (Figure 2). Par ailleurs, la dynamique de la dégradation de la palmeraie s'est accentuée entre 2001 et 2014 avec une superficie de 2671,65 ha pour la classe 2 (Tableau2). Nous avons observé une disparition du palmier dattier au profit de l'urbanisme dans les oasis de Bordj Ben Azzouz et Tolga (Figure 2). En ce qui concerne les palmeraies des oasis de

Bouchagroun, Lichana et Ouarlâl, qui jusqu'à l'année 2001 ont connu une augmentation de l'indice de végétation ont affiché des signes de dégradation de la palmeraie entre 2001 et 2014, cela est probablement causées par plusieurs facteurs tels que l'augmentation de la salinité à cause du mauvais drainage, le délaissement des anciennes palmeraies ainsi que l'urbanisation des oasis.

De manière générale, les oasis de Zeb El Gherbi ont enregistré au cours des 30 années une dynamique de changement positif, qui s'est concrétisée par une extension de la superficie de la palmeraie. Ces résultats ont été confirmés par d'autres travaux réalisés dans la région, qui ont mis en évidence le rôle joué par la politique agricole de l'état Algérien dans le cadre du PNDA (programme national de développement agricole) en faveur du développement de la phœniciculture à partir de l'année 2000 [3, 8]. Par contre, les palmeraies proches des zones urbaines ont connu des dégradations dues à plusieurs facteurs qui varient d'une région à une autre. Ainsi, dans les oasis situées au Nord de la région d'étude (Foughala, Tolga, Bordj Benazzouz, Lichana) la dégradation de la palmeraie est liée à l'urbanisation des oasis, dont la croissance économique a favorisé la venue de populations défavorisées [14]. Tandis que, les processus de dégradation de la palmeraie au niveau des oasis du Sud comme Lioua, Mekhadama et Ouarlâl sont essentiellement expliqués par la salinité des sols, l'abandon de la culture du palmier dattier au profit d'autres cultures plus rentables et également par l'urbanisation suite à la croissance de la population locale.

## Conclusion

La détection du changement dans les oasis de Zeb EL Gherbi sur une période de 30 ans a permis de cartographier et de quantifier l'augmentation de la superficie de la palmeraie de 6123,15 ha (1984\_2001) à 6996,78 ha (2001\_2014). De plus, cette étude a permis de constater la dégradation des palmeraies situées à proximité des zones urbaines. Cette dégradation est principalement due à l'abandon de la palmeraie et à l'augmentation de l'urbanisation dans la région. En ce qui concerne la dynamique d'expansion de la palmeraie en dehors des zones traditionnelles, elle reste liée à la disponibilité des ressources en eau et à la nature du sol. L'utilisation de la méthode de différenciation d'images par soustraction sur l'indice NDVI, calculé à partir des images satellitaires librement téléchargeables, a permis une analyse spatio-temporelle des changements des oasis. De ce fait, la télédétection peut constituer un outil de base pour le suivi et l'évaluation des évolutions de l'espace oasien en Algérie.

La tendance générale de la transformation des oasis de la région se poursuit avec une urbanisation accrue des oasis, notamment Tolga et El Ghrous qui affichent un niveau d'activité socio-économique élevé. Quant à l'extension de la palmeraie en dehors des zones traditionnelles, elle demeure tributaire de la ressource en eau et de la nature du sol. Dans une démarche de développement durable, il est donc important de pouvoir concilier les facteurs socio-économiques tels que la demande de terrain de construction par la population avec la gestion agricole de la région.

## Références bibliographiques

- [1] Fahrig, L.: Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* (34), 487-515 (2003).
- [2] Hamamouche, M. F., Kuper, M., Amichi, H., Lejars, C., Ghodbani, T.: New reading of Saharan agricultural transformation: Continuities of ancient oases and their extensions (Algeria). *World Development* (107), 210-223(2018).
- [3] Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H.: Can palm date plantations and oasisification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands?. *Ecological Indicators* (105), 365-375 (2019).
- [4] Bellón, B., Bégué, A., Lo Seen, D., De Almeida, C.A., Simões, M.: Remote Sensing Approach for Regional-Scale Mapping of Agricultural Land-Use Systems Based on NDVI Time Series. *Remote Sens*9(6), 600 (2017)
- [5] King, C., Thomas, D.S.G.: Monitoring environmental change and degradation in the irrigated oases of the Northern Sahara. *Journal of Arid Environments* (103), 36-45 (2014).
- [6] Shalaby, A., Khedr, H.S.: Remote Sensing and GIS for Land Use/Land Cover Change Detection in Dakhla Oasis. In: Iwasaki E., Negm A.M., Elbeih S.F. (eds) *Sustainable Water Solutions in the Western Desert, Egypt: Dakhla Oasis*. Earth and Environmental Sciences Library, pp. 145-159, Springer, Cham (2021).
- [7] Ben Khalfallah, C., Delaitre, E., Ouerchefani, D., Demagistri, L., Darragi, F., Seyler, F.: Monitoring Vegetation Change in Tozeur Oases in Southern Tunisia by Using Trend Analysis of MODIS NDVI Time Series (2000–2016). *Canadian Journal of Remote Sensing*, (2021).
- [8] Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H.: Monitoring Dynamics of Date Palm Plantations from 1984 to 2013 Using Landsat Time-Series in Sahara Desert Oases of Algeria. In: El-Askary H., Lee S., Heggy E., Pradhan B. (eds) *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications*. CAJG 2018. *Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development)*, pp. 225-228, Springer, Cham (2019).
- [9] Chávez, P.S.J.: Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved. *Photogramm. Eng. Remote Sensing* (62), 1025-1036 (1996).
- [10] Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., Böhner, J.: System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geosci. Model Dev* (8), 1991–2007 (2015).
- [11] İlsever, M., Ünsalan, C.: Pixel-Based Change Detection Methods. In: *Two-Dimensional Change Detection Methods*. SpringerBriefs in Computer Science, pp. 7-21, Springer, London (2012).
- [12] Singh, A.: Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *Int. J. Remote Sens*, 10(6), 989–1003 (1999).
- [13] Assami, T., Hamdi-Aïssa, B.: Digital mapping of soil classes in Algeria – A comparison of methods. *Geoderma Regional* (16), (2019).
- [14] Lalouani, S., Alkama, D.: The Requalification of the Palm Trees of Ziban as a Tool for Sustainable Planning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (102), 508-519 (2013).