

Identification des Formes Dunaires à partir de la Fusion des Données Optique et Radar : Application sur le Cordon Dunaire de Zâafrane et El Mesrane (Djelfa)

Farida BACHIR BELMEHDI

Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire,
Université d'Oran E-mail : bachirbelmehdi.farida@yahoo.com

Résumé : Les hautes plaines steppiques algériennes connaissent un équilibre délicat et très fragile. Le phénomène d'ensablement, dû aux effets du vent, représente un danger majeur. Afin d'être en mesure de quantifier les différents types de danger, il est indispensable de disposer d'informations fiables pour mieux connaître la dynamique des dunes envahissant la steppe. Dans cette étude, il s'agit de combiner les images satellitaires optiques et radar pour caractériser et identifier la morphologie des dunes. Pour cela, l'intégration des données multi-sources, ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) de Landsat et RSO (Radar à Synthèse d'Ouverture) de ERS2 seront utilisées sur une zone des hautes plaines steppiques Algériennes contenant le cordon dunaire de Zâafrane et El Mesrane située dans la wilaya de Djelfa à 300 km au sud d'Alger. L'intégration des données optiques et radar, en utilisant les systèmes de représentation de couleur ITS (Intensité, Teinte, Saturation) et RVB (Rouge, Vert, Bleu), a permis un meilleur rendu des états de surface avec une distinction des différents types de dunes, des limites du cordon dunaire et du réseau hydrographique.

Mots-clés : Images satellitaires - morphologie – les hautes plaines steppiques Algériennes – environnement - dunes.

Abstract : The Algerian steppes are experiencing a delicate and very fragile balance. The sand phenomenon, due to the effects of the wind, represents a major risk. In order to be able to quantify the various types of risks, it is essential to have a reliable information to better know the dynamics of the dunes invading the steppe. In this study, we are combining the optical satellite images and radar to characterize and identify morphology of the dunes. For that, the integration of multisource data, ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) of Landsat and RSO (Radar with Synthesis of Opening) of ERS2 will be used on an area of the Algerian steppe containing the dunes of Zâafrane and El Mesrane located in the wilaya of Djelfa (300 km south of Algiers). The integration of the optical data and radar, by using the systems of representation of ITS (Intensity, Hue and

Saturation) and RGB (Red, Green, and Blue), allowed the best returned surface states with a distinction of the various types of dunes of the limits of the dunes and hydrographic network.

Key words : Satellite images - morphology – Algerian steppe – environment- dunes.

1. Introduction

La désertification figure parmi les problèmes majeurs auxquels sont confrontées les hautes plaines steppiques algériennes. En effet, elle influe sur les milieux biologiques (principalement la végétation, la faune, les systèmes agricoles, forestiers et pastoraux), physiques (sols et ressources en eau) et socio-économiques (migration, famines, changement des pratiques).

Entre les paysages méditerranéens typiques du Tell et le désert saharien, les hautes plaines steppiques algériennes occupent une position charnière bien particulière. Dans ces régions, le climat est dur, très chaud en été, souvent très froid en hiver, favorisant une sécheresse chronique. Le phénomène d'ensablement, dû aux effets du vent, représente un danger permanent découlant la désertification. L'envahissement par les dunes est considéré comme un danger majeur; il est donc indispensable de connaître leur dynamique afin d'être en mesure de quantifier les différents types de dangers qu'elles représentent. La limite spatiale de l'érosion éolienne n'est pas facile à circonscrire : au nord du Sahara une étude complète de l'amorce de dépôts éoliens et de la spatialisation de l'aire de déclenchement du phénomène dunaire est toujours en cours.

Afin de contribuer à résoudre cette problématique, nous proposons une étude basée sur l'utilisation de l'imagerie satellitaire qui joue un rôle important pour la caractérisation des propriétés de surface. Les bandes spectrales les plus utilisées dans la télédétection, en addition avec la bande micro-onde, sont : l'infrarouge (3 μ m - 30 μ m), le proche infrarouge et le visible (0,4 μ m - 3 μ m) ainsi que l'infrarouge thermique (10 μ m - 15 μ m) [Girard MC, Grad CM. 1989]. Ces bandes vont être utilisées par le capteur Enhanced Thematic Mapper (ETM+) de Landsat.

La complémentarité de toutes les données issues de ces bandes est évidente dans le principe, mais l'est moins dans son approche pratique d'exploitation tant que les données sont variées : les résolutions aussi bien radiométriques que géométriques, ainsi que les géométries des capteurs sont différentes. Le cordon dunaire de Djelfa a une couverture continue organisée en alignements de grands dômes séparés par des couloirs de déflation : l'homogénéité du substrat rend difficile une approche spectrale. Une identification des dômes et des aires de déflation va être effectuée à partir de la méthode de fusion des données par élaboration d'une séquence d'opérations. Dans ce travail, les données radar à synthèse d'ouverture de ERS2 et celles de ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) de Landsat ont été utilisées pour caractériser la morphologie des dunes, du cordon dunaire de Djelfa sur les zones de Zâafrane et d'El Mesrane. La classification adoptée est celle considérant les dunes selon les différents paramètres qui gèrent leur dynamique [Mainguet M, Dumay F. 1983] :

1. Nebkas et rebdous.
2. Dunes linéaires (sifs) et dunes barkhaniques.
3. Ergs :
 - a. Champs de barkhanes et de dunes transverses;
 - b. Dunes pyramidales (ghourds).

2. Matériels et méthodes

2.1 Présentation de Djelfa

La zone d'étude choisie (Cf. fig.1a et 1b) est celle de Zâafrane et El Mesrane. Elle fait partie de la steppe sud algéroise (300 Km au sud d'Alger), dans le bassin du Zahrez Gharbi qui est une zone semi-aride limitée entre la longitude 2°50' à 3°05' Est et la latitude de 34° 45' à 34°55'12 Nord. Elle est limitée au nord par le Zahrez El Gharbi et au sud par le Djebel Sahari. Les hautes plaines steppiques sud-algéroises sont limitées au nord par les chaînes telliennes et au sud par l'Atlas saharien. Entre le Zahrez et l'Atlas saharien s'intercale le cordon dunaire de Djelfa qui s'étend du Sud-Ouest au Nord sur deux wilayas (Djelfa et M'sila). Il est environ de 250 km de longueur, depuis l'oued Touil jusqu'aux Djebels Sahari à l'Est du Zahrez Chergui, et sur 3 à 5 km de largeur en moyenne [Pouget M. 1980]. Les dunes vives, de formes assez mal définies, atteignent parfois les 20 mètres de hauteur. La forme des dunes dépend des vents dominants. On peut trouver des dunes, allongées parfois sur plusieurs centaines de kilomètres ; tangentes au sillage d'un obstacle. Au cours des tempêtes, le sable migre le long de la dune, parallèlement à l'édifice qui s'allonge selon sa propre direction [Nedjimi B. 1995].

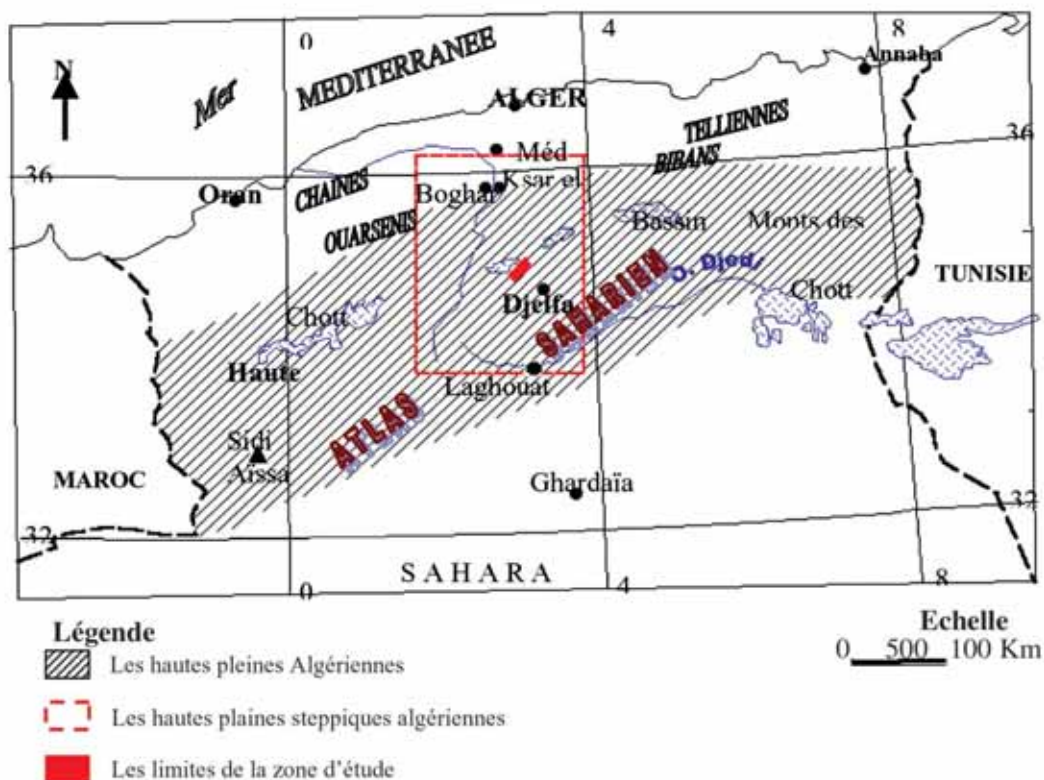


Fig. 1a Localisation de la zone d'étude : Zâafrane et El Mesrane.

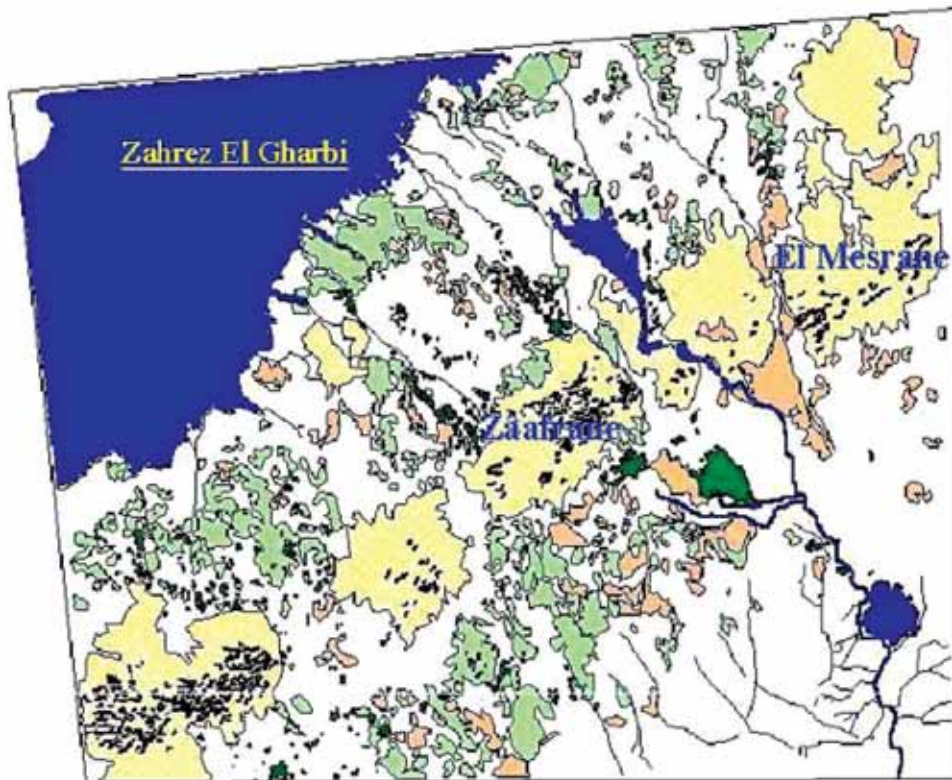


Fig. 1b Croquis morphologique à partir de l'image satellitale ETM+ (Composition colorée 5- 4- 1).

Le profil est formé par deux versants de forte pente, se recoupant en une crête vive. D'abord composé de petits massifs dunaires isolés, le cordon dunaire devient peu à peu continu et difficilement franchissable. Les dunes relativement peu élevées permettent l'installation d'une végétation psammophile (Tamarix, sp. Phragmites communis, Aristida pungens) [Pouget M. 1980].

2.2 Télédétection et méthodologie

L'approche développée est basée sur l'utilisation des données radar de ERS2 (12, 5 mètres de résolution) et celles du capteur Enhanced Thematic Mapper de LANDSAT 7, de résolution spatiale 30 mètres, pour caractériser la morphologie des dunes, de Djelfa. Les images de la scène Landsat (scène de 185 km x 185 km) sont datées du 24 Mars 2001. L'image Radar (scène de 100 km x 100 km) a été prise le 19 Juin 2000. Du fait de la nature très différente de ces images, les problèmes à résoudre sont :

- dans une première étape, le filtrage de l'image radar qui est infecté par un bruit multiplicatif appelé "speckle" ;
- deuxièmement, l'application de la morphologie mathématique ;
- troisièmement, le géoréférencement des deux images (optique et radar) et le rééchantillonnage de l'image SAR.

Les travaux consistent à choisir le meilleur filtre pour l'étude selon les différentes techniques de filtrage du speckle proposées par différents auteurs [Desachy J. 1980 et Khatteli H.1981]. Les déformations géométriques des images sont ensuite corrigées de manière à présenter les données dans une projection cartographique courante (UTM "Universal Transverse Mercator") et à rendre les différentes images superposables, afin de pouvoir fusionner les données. Tous les traitements ont été exécutés sous le logiciel ENVI (*Environment for Visualizing Images*) sur un micro processeur P-III.

La méthodologie de travail est l'application de la fusion des données multi-sources. En première étape nous avons transformé des données radar 16 bits en données 8 bits pour faciliter la manipulation ainsi que la combinaison avec les données optiques, puis filtré cette image par la méthode de Frost.

La deuxième étape est la technique de fusion de données selon la méthode de Munsell [Smara Y. 1998]. Elle est basée sur une correction de l'image optique ETM+ par rapport à la carte topographique « Rocher de sel » au 1/100.000^e avec la méthode de convolution cubique. Les mêmes étapes de correction sont appliquées sur l'image SAR afin d'arriver à une image rééchantillonnée et corrigée géométriquement par rapport à l'image optique (cf. fig.2 et 3).

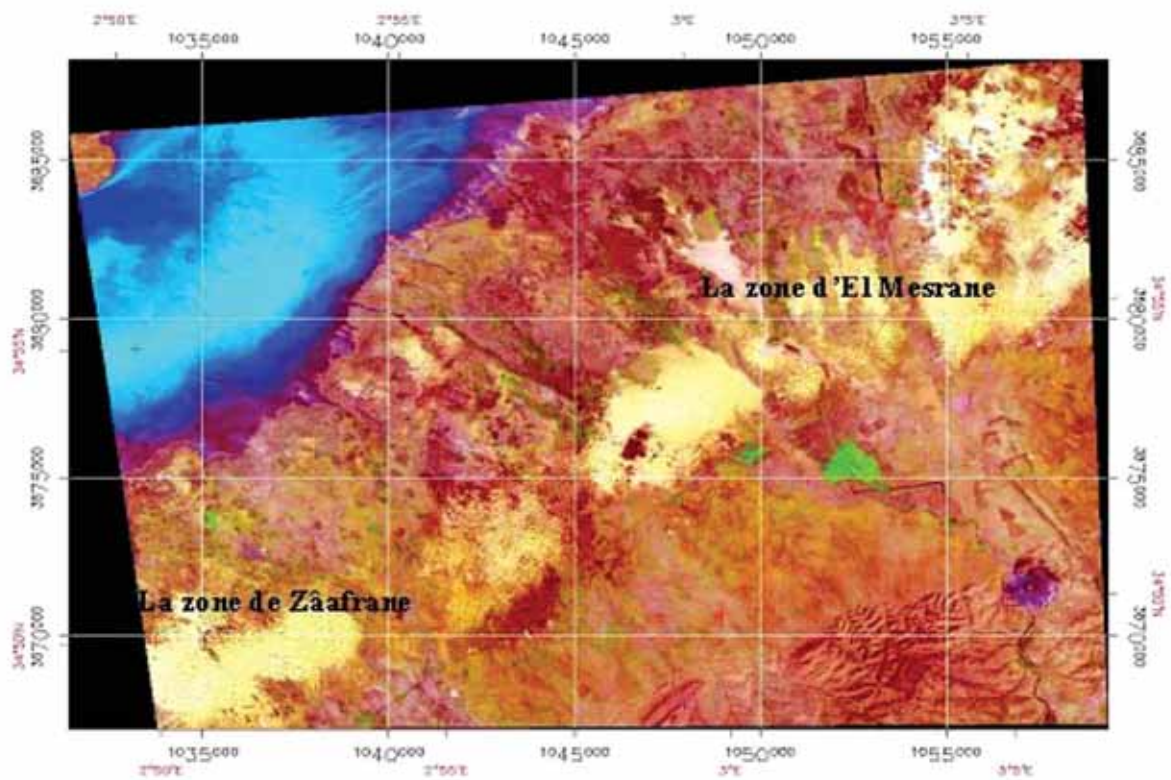


Fig. 2 Image ETM+ corrigée géométriquement (Composition colorée des canaux 5-4-1).

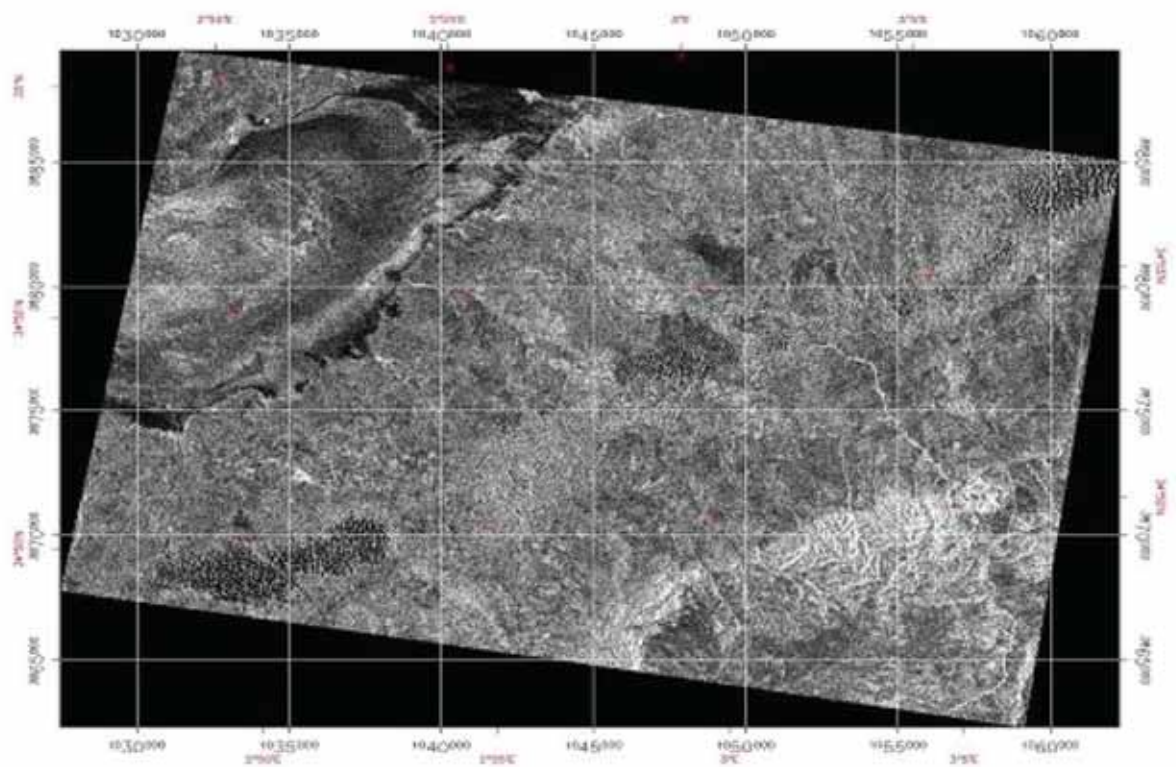


Fig. 3 Image radar corrigée géométriquement et rééchantillonnée.

Les images RSO et Landsat ETM+ sont utilisées comme outils pour les besoins de la cartographie des formes géométriques des édifices dunaires. Le traitement de l'image ETM+ va débuter par une analyse en composantes principales (ACP) pour conserver les trois premiers canaux (ils contiennent la plus grande partie de la variance des images). Ces trois canaux ont été ensuite transférés dans l'espace ITS (Intensité, Teinte, Saturation) où le canal d'intensité a été remplacé par l'image ré-échantillonnée RSO.

Les trois canaux de l'espace ITS ont été enfin ramenés à l'espace RBV (Rouge, Vert, Bleu). Dans cette étude, l'analyse en composantes principales a été appliquée comme une méthode de normalisation de données. La première composante représente la moyenne de l'ensemble des données, alors que les autres composantes indiquent plutôt des changements saisonniers. Ces composantes nous ont permis d'extraire le réseau hydrographique, les limites du cordon dunaire et l'extension du couvert végétal (cf. fig. 4).

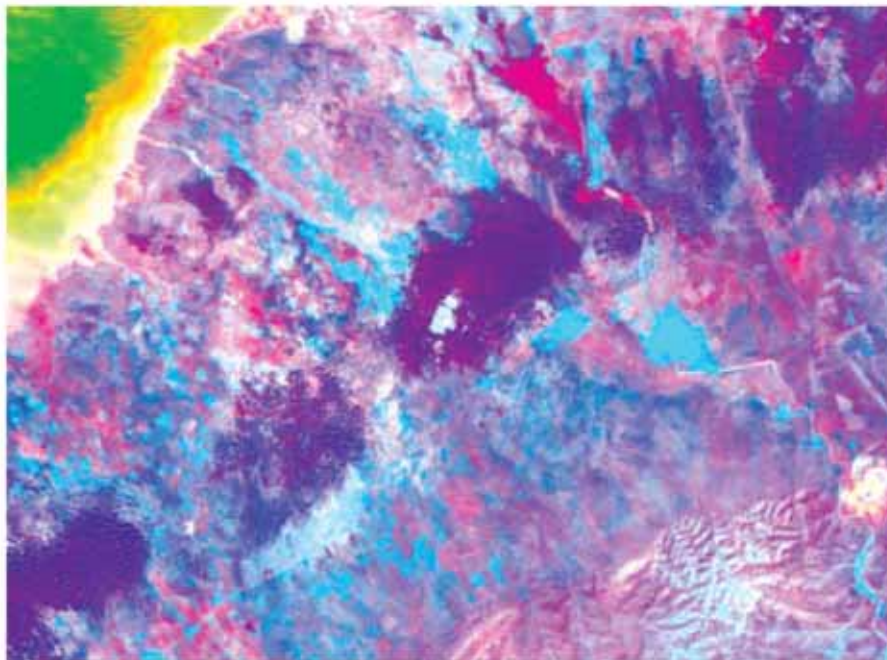


Fig. 4 composition colorée de l'analyse en composante principale appliquée sur l'image ETM+

Sur cet espace de couleur RVB nous avons converti l'image en espace ITS pour obtenir la composition colorée suivante :

Les images optiques sont initialement exprimées dans un système de représentation à trois composantes (R, V, B) fortement lié au choix de la composition colorée. Le but d'une calibration colorimétrique est de remplacer l'information acquise dans un système de représentation normalisée, indépendamment du système d'acquisition et perceptiblement cohérente. Le système de représentation des couleurs retenu est celui de Munsell, qui est largement connu pour décrire la couleur.

Cette transformation met en valeur les affleurements sableux en rouge et en rose et l'extension de voiles sableux (cf. fig. 5).

A partir des néo-canaux ITS nous avons appliqué une transformation inverse qui ajoute une information spatiale à l'information spectrale par l'intégration du canal RSO (cf. fig. 6). La transformation en coordonnées ITS a été également utilisée afin de modifier les couleurs de visualisation des objets vers des couleurs plus naturelles. Toutefois, les résultats nous ont montré qu'il faut combiner les données RSO rééchantillonnées avec les données optiques pour une interprétation optimale des états de surface (luminosité, rugosité et géométrie).

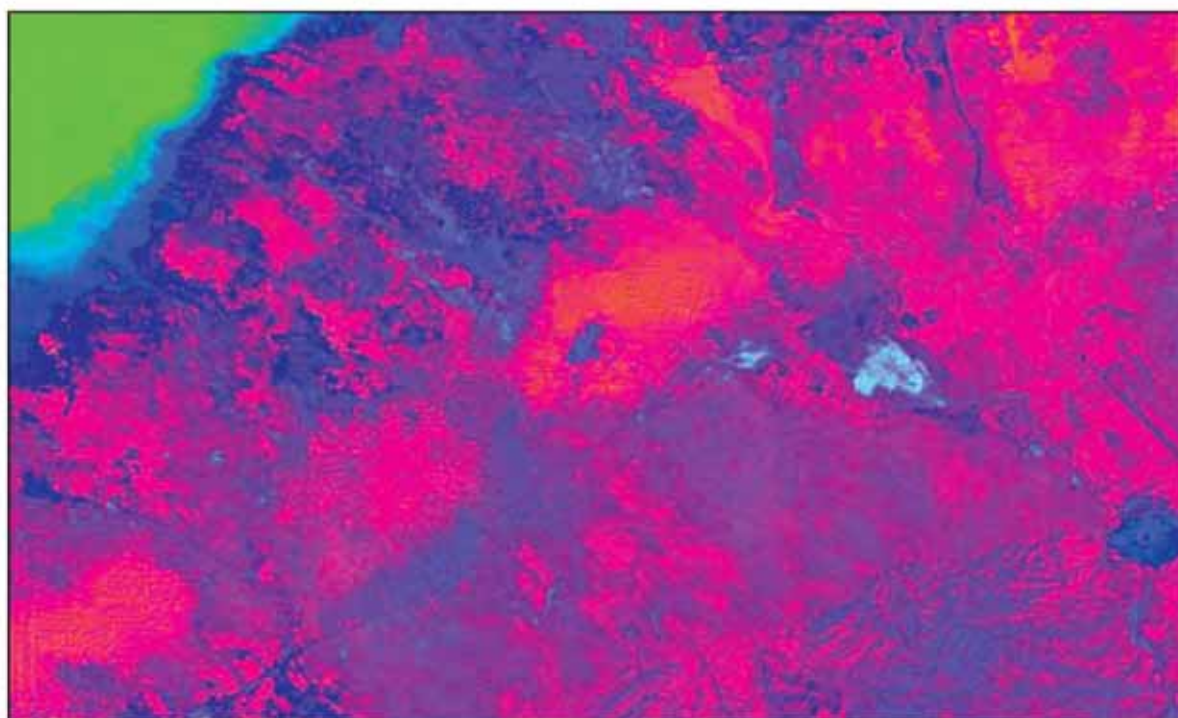


Fig. 5 composition colorée des canaux RVB issus de la transformation ITS effectuées sur les néo-canaux.

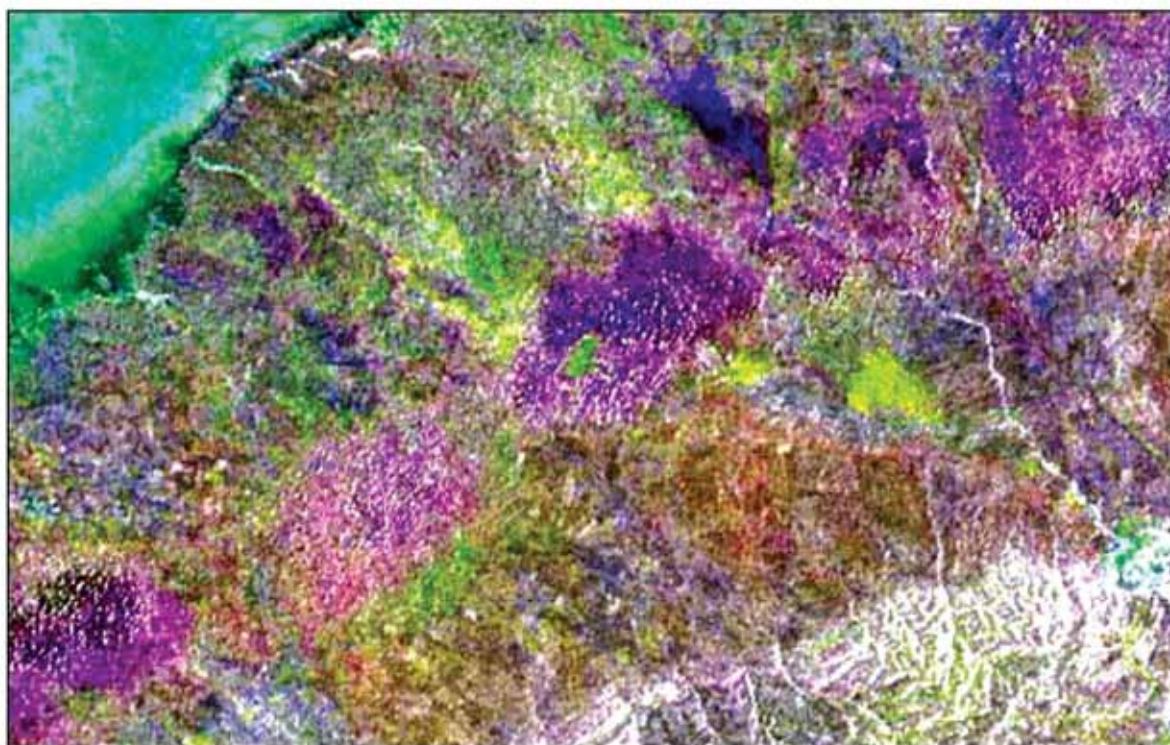


Fig. 6 Composition colorée des canaux issus de la transformation inverse ITS-RVB où le canal RSO remplace l'intensité.

3. Analyse des résultats

Sur l'image RSO, traitée par le filtre de Frost, les niveaux de gris sont suffisamment homogènes et différenciés pour permettre la délimitation des ensembles de dunes recherchées :

Les résultats ont montré que mis à part la confusion enregistrée entre la végétation claire et le voile sableux, une meilleure appréciation des sommets des dunes les plus hautes est obtenue et l'alignement des sifs est plus net. Les types de dunes qui entourent les dômes du cordon et occupent les glacis sont généralement des barkhanes.

Cette classification des formes dunaires a été confortée par celle qui est obtenue à partir des travaux déjà réalisés en 2000 dans l'étude CNTS – ALECSO, 2000. De même, le réseau hydrographique encaissé est identifiable (cf. fig. 6).

4. Conclusion

Ce travail a montré l'intérêt de l'utilisation de la complémentarité de l'imagerie satellitaire optique et radar pour l'étude de dunes. En effet, l'image RSO a permis, dans ce cas, la caractérisation de la morphologie des dunes de Zâafrane et El Mesrane, grâce sa à richesse en informations morphologique et texturale. En revanche, l'image optique ETM+ caractérisée par son apport spectral permet, lorsqu'elle est combinée avec l'image radar, une meilleure appréciation des formes dunaires sur le cordon ainsi qu'une distinction plus nette de leur alignement. La transformation ITS donne des couleurs plus proches de la réalité terrain et les limites du cordon dunaire sont bien distinctes. Enfin cette méthodologie peut être utilisée pour le suivi de l'évolution des édifices sableux pour une meilleure connaissance du phénomène et une application plus efficace de solutions à adopter dans la lutte contre la désertification (Cf. Photos n°1 et 2).

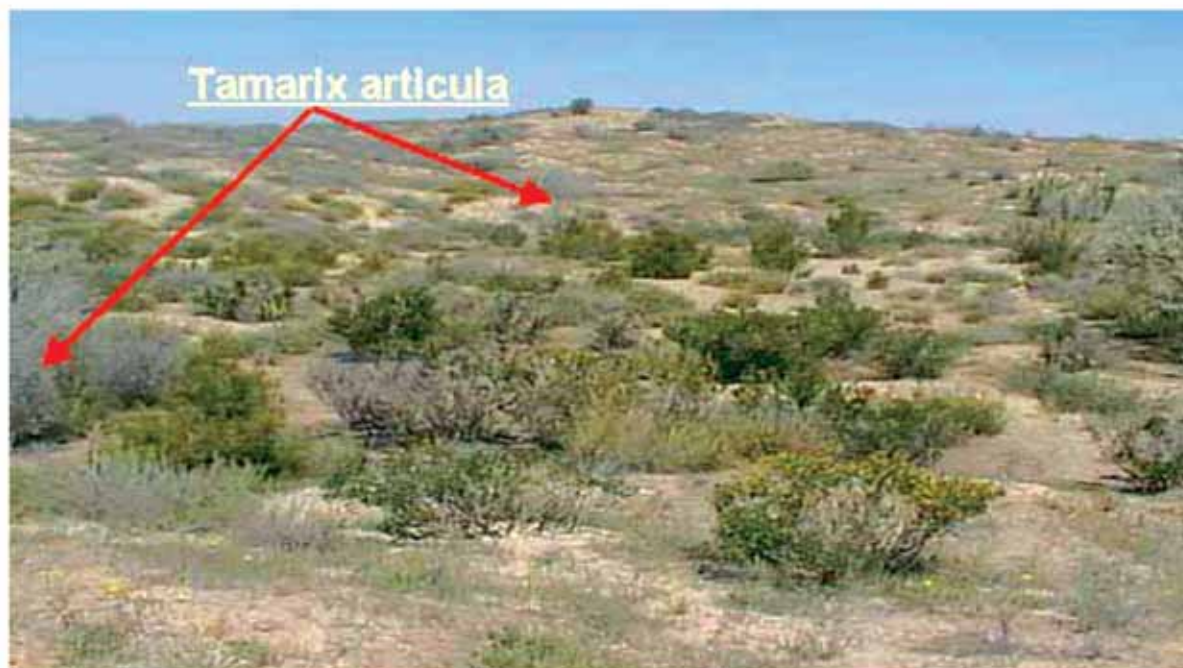


Photo. n°1 Fixations biologiques de quelque dune du cordon de Zâafrane et El Mesrane.

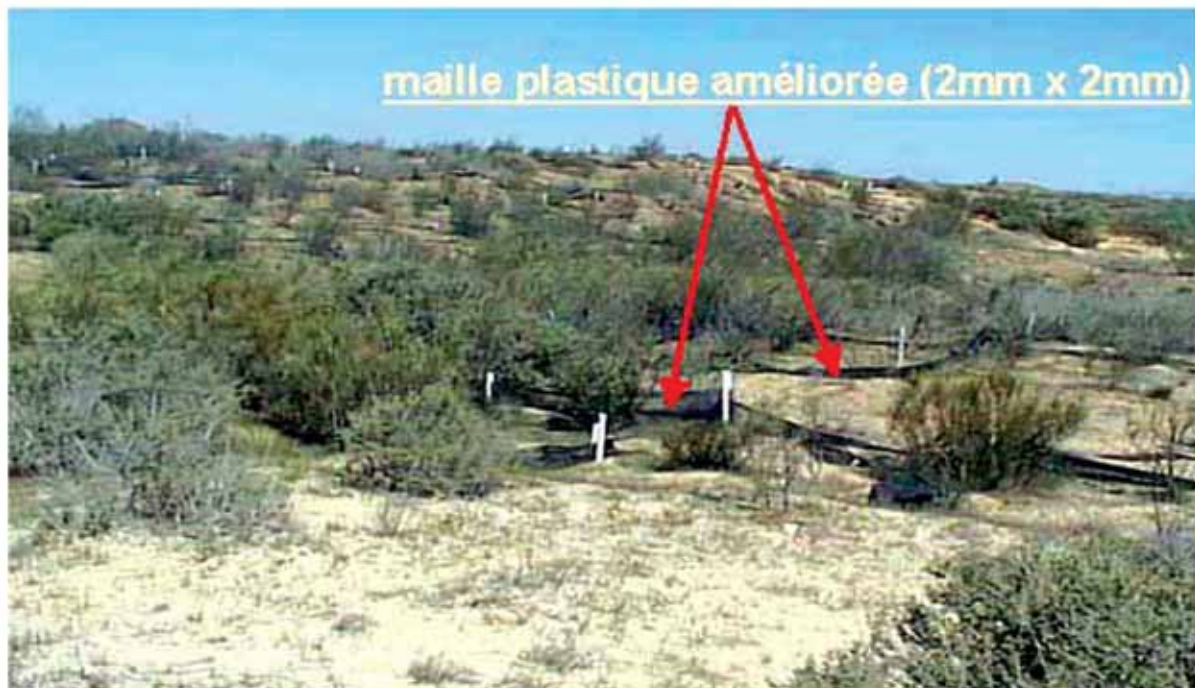


Photo. n° 2 Fixations mécaniques de quelque dune du cordon de Zâafrane et El Mesrane.

Références Bibliographiques

Desachy J. Contribution à l'étude de la texture en télédétection. Thèse de Doctorat es informatique, université Paul-Sabatier Toulouse, 1980 ; 450 p.

Girad MC, Grad CM. Télédétection appliquée – zones tempérées et intertropicale ; éd. Masson, Paris, 1989 ; 529 p.

Khatteli H. Contribution à l'étude de la dynamique des dunes dans les parcours du sud Tunisien satation de Rouag. Institut des régions aride, Médenie, tunisie, 1981: 20-33.

Laboratoire de télédétection. Application de la télédétection dans l'étude du phénomène de l'érosion éolienne dans la région de Djelfa. Rapport final, projet. CNTS-ALECSO, 2000 ; 20 p.

Mainguet M, Dumay F. Pourquoi le réseau érosion doit-il faire une place à l'érosion éolienne. Laboratoire de géomorphologie zonale, 1983 ; 57 p.

Nedjimi B. Etude de l'évolution du sol et de la végétation après fixation des dunes dans la région d'El Mesrane. Mémoire d'ingénieur, institut national de formation supérieur en agronomie de Mostaganem, 1995 ; 120 p.

Pouget M. Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. O.R.S.T.O.M, Paris, 1980 ; 555 p.

Smara Y. Contribution au système L.A.T.I.S. Evaluation de correspondance terrain-image classée et intégration d'images multisources optiques et radar S.A.R. Thèse doctorat d'Etat, Université des sciences de la technologie Houari Boumediene, 1998 ; 321p.