DETECTION DES CHANGEMENTS D'UN MILIEU NATUREL PAR L'IMAGERIE OPTIQUE LANDSAT DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES: CAS DE DJEBEL AOUD ASMA (MONTS DE OULED ALI, SIG, WILAYA DE MASCARA, ALGERIE)

BACHIR BELMEHDI Farida[1], LESGAA Moussa[1], GOURINE Bachir[2], HASNI Kamel[2]
(1)Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Faculté des sciences de la terre Université d'Oran 2, Oran, Algérie
(2)Département de Géodésie Spatiale, Centre des Techniques Spatiales, Arzew, Algérie
E-mail: bachirbelmehdi.farida@yahoo.com

(Received 18 November 2018 - Accepted 05 December 2018)

Résumé.- *L'analyse et la compréhension de la dynamique des milieux physiques, par l'exploitation de carrières, constituent un enjeu fondamental en matière de détection des changements, dans les milieux naturels semi-arides Les monts de Ouled Ali (monts des Beni Chougrane) comportent des zones fortement instables qui rendent vulnérable la région de Sig (Wilaya de Mascara). L'observation et la qualification des changements du paysage représentent le moyen le plus simple pour la surveillance des carrières. Cette exploitation a un impact direct et indirect sur l'écosystème et sur l'environnement avoisinant. Les versants de Djebel Aoud Asma (Monts de Ouled Ali) affectés par l'exploitation de carrières sont le sujet de l'étude ayant pour objectif de caractériser leur cinématique. Pour ce faire, les moyens sont nombreux et variés, chacun d'entre eux présente des propriétés spécifiques en ce qui concerne le type d'utilisation, la quantité mesurée ainsi que son étendue et sa précision. La cartographie du changement de l'espace par une corrélation d'images optiques est une des méthodes de mesure. La méthodologie de travail adoptée est basée sur l'application des techniques de l'analyse en composante principale (ACP), la transformation intensité, teinte et saturation de la roche (ITS) et l'indice de végétation normalisé (NDVI). Deux images Landsat ont été utilisées: une image Landsat5 (25 Septembre 1999) et une image Landsat7 (02 Septembre 2011). Elle est suivie par une comparaison avec la vérité terrain et une cartographie de la dynamique de l'espace physique de la région d'étude. Les résultats des techniques utilisées (ACP, ITS et NDVI), ont permis de mettre en évidence les sols nus, la dégradation de la couverture forestière et de la végétation halophyte, pendant une période de 12 ans (1999-2011). Par ailleurs, l'exploitation de carrières dans certains endroits a contribué largement au changement de l'espace de Djebel Aoud Asma (Monts de Ouled Ali).*

Mots clés: *Exploitation de carrières; Monts de Ouled Ali (Beni Chougrane); imagerie satellitale; cartographie de changement.*

CHANGE DETECTION OF NATURAL ENVIRONMENT BY LANDSAT OPTICAL IMAGERY AT SEMI-ARID REGIONS: CASE OF DJEBEL OF AOUD ASMA (OULED ALI MOUNTAINS, SIG, WILAYA OF MASCARA, ALGERIA)

Abstract. - *Analyzing and understanding the dynamics of physical environments, due to quarrying, is a fundamental issue in detecting change, in semi-arid natural environments. The mountains of Ouled Ali (Beni Chougrane Mountains) contain highly unstable areas that make the region of Sig (Wilaya of Mascara) vulnerable. Observation and qualification of landscape changes is the easiest way for career monitoring. This exploitation has a direct and indirect impact on the ecosystem and the surrounding environment. The slopes of Aoud Asma Mountain (Ouled Ali Mountains) affected by the exploitation of quarries are the subject of our study whose purpose is to characterize their kinematics. To do this, the means are many and varied; each of them has specific properties as regards the type of use, the quantity measured and its scope and accuracy. The change of space mapping by a correlation of optical images is one of these methods.The work methodology adopted is based on the application of Principal Component Analysis (PCA), Intensity, Hue and Saturation of rock (IHS) and Normalized Vegetation Index (NDVI). Two Landsat images were used: Landsat5 image (25thSeptember, 1999) and Landsat7 image (02ndSeptember, 2011). It is followed by a comparison with the ground truth and a mapping of physical space dynamics of the study area. The PCA, IHS and NDVI results allowed us to highlight the bare soils, and the*

degradation of forest cover and halophyte vegetation. Moreover, the quarrying contributed largely, in some places, to the change of space of AoudAsma Mountain of Ouled Ali Mountains.

Keywords: *Quarrying; Ouled Ali Mountains (Beni Chougrane); Satellite imagery; Mapping of change*

Introduction

Un paysage se caractérise par des éléments naturels et par les manifestations de la présence de l'homme. Le changement du relief dépend de la nature des roches qui constituent le sous-sol et donc des propriétés de ces roches. Il dépend aussi de l'action des agents atmosphériques et de l'eau présente à la surface de la Terre [1].

L'objectif fixé est d'appliquer la cartographie de changement, par les méthodes des transformations, appliquée sur deux dates d'image optique Landsat aux monts des Ouled Ali (Beni Chougrane). Mais étant donné la superficie importante, une telle démarche peut-être très lourde si l'on ne se borne pas à localiser une zone pilote, par exemple une région bien définie d'une superficie moyenne qui permettrait de bien représenter le changement des espaces naturels. C'est le cas de Djebel Aoud Asma où les matières extraites (calcaire et argile) sont utilisées pour l'alimentation de la cimenterie de LAFARGE pour la fabrication du ciment.

De ce fait, trois méthodes de détection des changements sont proposées afin de permettre d'effectuer un suivi temporel des changements de ce milieu naturel. C'est pourquoi il faudrait, pour la préservation du milieu et pour permettre un usage prolongé du territoire, d'une part, approfondir les connaissances sur les processus de changement dû à l'exploitation de carrière et d'autre part, représenter cartographiquement les degrés de changement de ce paysage.

Dans ce cadre, cette étude se base sur l'analyse en composante principale (ACP) et l'application de la transformation intensité, teinte et saturation de la roche (ITS) et l'indice de végétation normalisé (NDVI).

1.- Présentation géographique de la zone d'étude, Djebel Aoud Asma

Djebel Aoud Asma appartient au Monts des Beni Chougrane, il se situe à environ 3 km au Sud-Ouest de la commune d'Oggaz et environ 5 km à l'Ouest de la ville de Sig, wilaya de Mascara (fig.1a). Il est limité au Nord et à l'Ouest par la plaine de l'Habra, à l'Est par Dj. Touakes et au Sud par Djebel Houdh Elkbire et Houdh Elmatmar. Caractérisé par une extrême densité des talwegs (fig. 1b,c): rigoles de ruissellement, ravinement avec tout un chevelu d'affluents limités par des terrasses larges, il se distingue mal les limites des versants du Djebel Aoud Asma. Il s'y reconnaît la prédominance d'une direction OSO-ENE. Cette région est soumise globalement à un régime semi-aride à hiver froid [2].

Selon le cadre géologique les Monts des Beni Chougrane sont des montagnes jeunes soumises à une intense érosion. Elles font partie du Tell oranais, qui a subi plusieurs périodes de déformation, et elles émergent à l'Eocène moyen dans une première phase. Toute la zone centrale est noyée par une transgression marine au cours de l'Oligocène. Le dispositif structural actuel est mis en place au cours de la phase Alpine, Miocène surtout. Constituées essentiellement de marnes calcaires du Crétacé, le soulèvement des chaînons et l'affaissement des dépressions se sont poursuivies jusqu'au quaternaire comme le confirment les dépôts de la plaine de l'Habra [3], ce qui a engendré la topographie actuelle

de la région qui est illustrée dans la figure 1d.

A l'occasion de la journée consacrée au bilan du secteur minier pour l'exercice de l'année 2005, le ministre de l'Energie et des Mines, de l'époque, a déclaré que le secteur des mines et carrières a rapporté à l'Algérie des recettes de l'ordre de 2,2 milliards de dollars, grâce notamment à loi de 2001 qui a encouragé l'investissement étranger, à s'impliquer dans ce créneau. Dans ce contexte l'entreprise LAFARGE (ex. CIBA) a bénéficié d'un permis d'exploitation du calcaire de Djebel Aoud Asma, qui a été mis en évidence suite à une recherche entrepris par le centre d'étude technique industrielle de matériaux de construction (CETIM). La cimenterie de LAFARGE est située à 5km à l'Ouest de la commune d'Oggaz près de la localité de Douar Ahl El Ouennen, en bordure de la route nationale RN4 Alger-Oran (fig. 1c). La distance de l'usine par rapport à la matière première (le calcaire de DjebelAoud Asma) est d'environ 1.5km. Elle exploite 3.500.000 T/an de calcaire (rapport du service technique de LAFARGE, 2016). Cette exploitation de carrière a motivé l'étude du changement de ce milieu naturel par l'imagerie optique, en utilisant les méthodes des transformations: ACP, ITS et NDVI. Les méthodes de détection de changement, dû à l'exploitation de carrière, sont appliquées pour la première fois, dans les monts des Beni Chougrane, cas du DjebelAoud Asma.

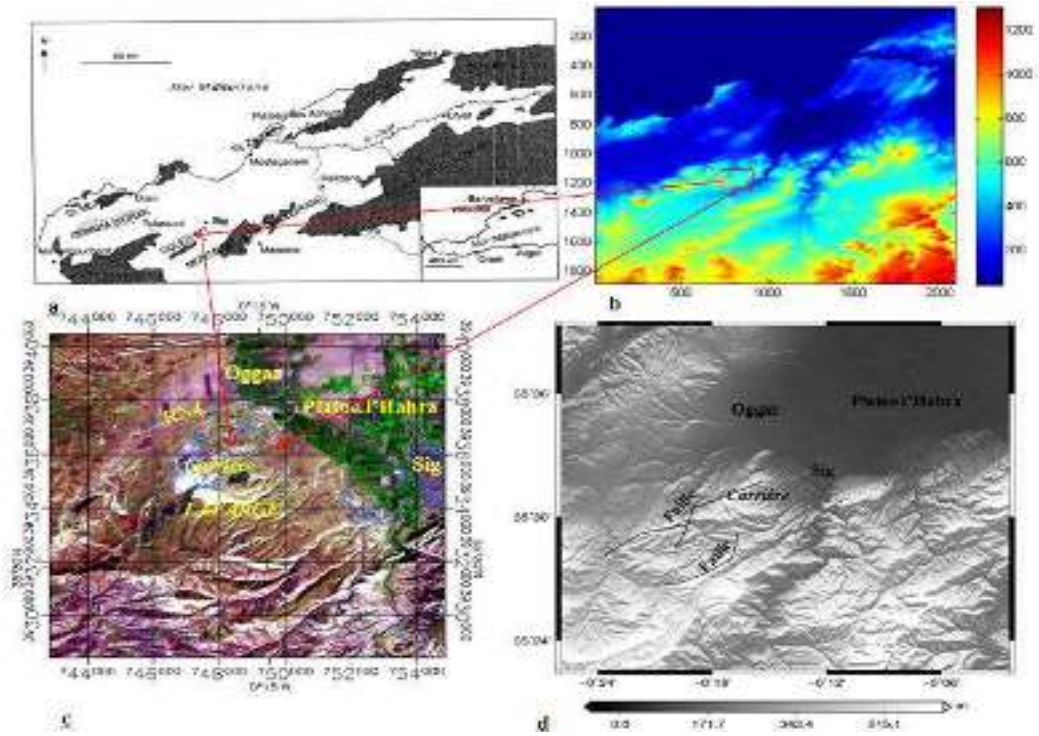

Figure 1 (a,b,c,d).- Localisation géographique de Djebel Aoud Asma: carrière et cimenterie de la LAFARGE 5a: Schéma du bassin du Bas Chélif [4], b: SRTM 30x30 de la région, c: image LANDSAT7de Djebel Aoud Asma, d: topographie de Djebel Aoud Asma et localisation des failles)

2.- Méthodologie de travail

La méthodologie de détection de changements est basée sur des transformations mathématiques développées pour représenter la complexité d'un ensemble de données multidimensionnelles. L'espace de données de départ est transformé en un espace orthogonal de même dimension [5]. Les transformations d'images sont des opérations similaires à celles du rehaussement des images. Cependant, alors que le rehaussement

s'applique à une seule bande de données à la fois, la transformation des images est un procédé qui implique la manipulation de plusieurs canaux:
- pour transformer une image provenant d'un capteur multi-spectral,
- pour transformer plusieurs images de la même région prises à des moments différents (données multi-temporelles).

Les transformations de base utilisent des opérations arithmétiques simples (+,-,x, /). La soustraction d'image est souvent utilisée pour identifier les changements survenus entre des images obtenues à des dates différentes. Il est utilisé 2 images géométriquement liées que l'on soustrait en enlevant les valeurs d'intensité de chaque pixel d'une image aux valeurs d'intensité de chaque pixel correspondant dans l'autre image. Une mise à l'échelle peut ensuite être faite en additionnant une valeur constante (par exemple 127) à chaque pixel résultant de la soustraction [6]. Cette transformation peut être utile pour identifier les zones de développement urbain ou pour évaluer la déforestation (les sols nus).

Les images optiques utilisées, dans ce travail, sont du satellite Landsat5 au 25 septembre 1999 et Landsat7 au 02 septembre 2011. L'analyse en composantes principales (ACP) est utilisée en télédétection pour compresser les images, en réduisant la dimension des données tout en préservant la variabilité de celle-ci. Dans cette étude, l'analyse en composantes principales est appliquée comme une méthode de normalisation de données, suivie par une transformation de l'intensité, la teinte et la saturation (ITS). Cette méthode a pour but de représenter au mieux le nuage de points **[7].** Ces points correspondent à la distribution des pixels dans l'espace des canaux spectraux (5-4-2: infrarouge, proche infrarouge et visible respectivement), par un changement de repère (centré sur le barycentre du nuage), dans les axes d'allongement maximaux du nuage.

2.1.-Application de l'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales peut être appliqués sur l'espace des radiométries totales ou sur un sous espace impliquant une décorrélation partielle de la représentation du nuage de points. La première composante représente la moyenne des ensembles de données, alors que les autres composantes indiquent plutôt des changements saisonniers **[5].** La figure 2 représente les résultats de l'application de l'ACP sur deux images Landsat (1999 et 2011), où il peut se distinguer clairement les voiries, le réseau hydrographique, les limites de la carrière et l'espace occupé par le couvert végétal.

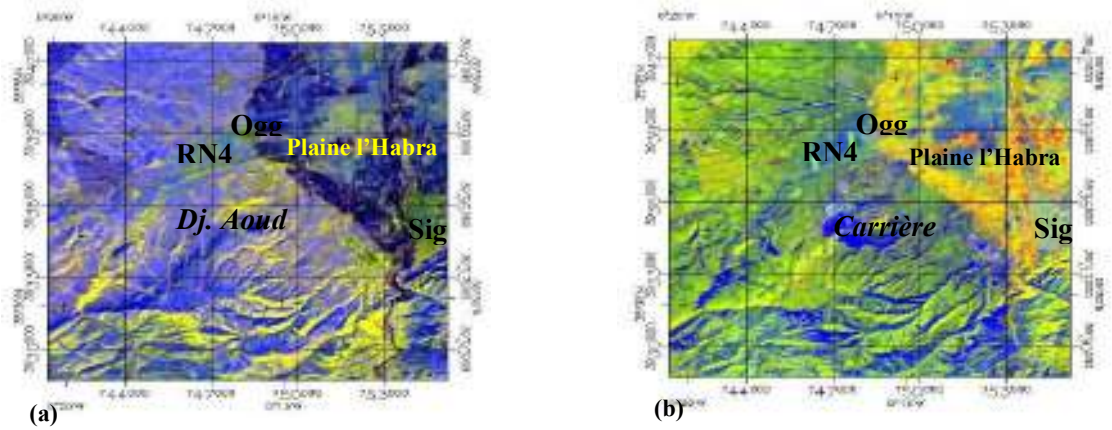

Figure 2.- Composition colorée de l'analyse en composantes principales (ACP) appliquée sur l'image TM 25/09/1999 (a) et l'image ETM+ 02/09/2011 (b)

Pour les deux résultats figure 2a,b, la couleur bleu montre les terrains nus ou l'affleurement du calcaire et le site de la carrière le confirme. Le rouge dans les résultats de 2011 de la figure 2b indique les cultures irriguées.

2.2.-Application du système ITS (intensité, teinte et saturation) de Munsell:

La figure 3 représente le système Munsell (1929) qui repose sur trois composantes: l'intensité, la teinte et la saturation. Chaque couleur est définie dans en système tridimensionnel par une représentation ponctuelle de l'espace des couleurs [7].

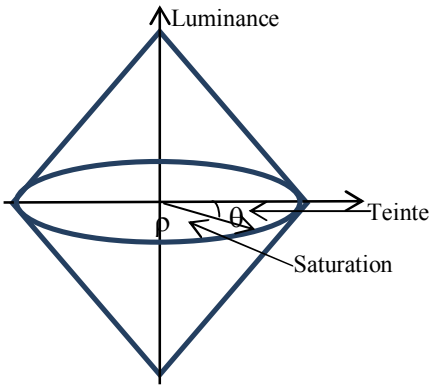

Figure 3.- Présentation perceptible de l'espace teinte, luminance et saturation (teinte: angleθ, luminance: axe vertical, saturation: module ρ)

La figure 4 représente les résultats des transformations de la composition colorée ACP en ITS (Rouge, Vert et Bleu: RVB→ITS) qui permet de séparer l'information spatiale (intensité) de l'information spectrale (teinte et saturation). Cette transformation a mis en évidence la faille (fig. 1d) (située sur le périmètre de l'exploitation, qui est surveillée par des géophysiciens au moment de l'utilisation des explosifs pour extraire la matière première) en couleur verte sur les images de 1999 et de 2011. Cette couleur indique aussi les affleurements du calcaire dans la zone d'exploitation de carrière et sur les talus des Chaabats. Dans la figure 4b, le vert dans la plaine l'Habra indique la remontée du sel, vu les changements climatiques dans cette région semi-aride, où la saison des pluies dure cinq mois de l'année: du mois de Novembre jusqu'à Mars. Les mois qui restent de l'année représentent la saison sèche qui s'étale du mois d'Avril jusqu'à Octobre (07 mois) durant la période ancienne de 1913 à 1938 [8] et de 1976 à 1996 [2]. Djebel Aoud Asma est caractérisé par un climat méditerranéen, étage bioclimatique semi-aride à hiver froid. Le type de climat de la région est un facteur limitant pour la mise en culture ou l'installation d'une végétation, d'où la nécessité de faire des compléments d'irrigations. La pluviométrie est un facteur assez significatif du climat. D'après REMIL (2006) [9] et la figure 5, cette région se situe dans un climat semi-aride (proche de l'aride) présente une pluviométrie moyenne annuelle qui se situe entre 500 et 300 mm/an. De plus les précipitations sont concentrées en un nombre restreint de jours et en période hivernale; elles sont plus importantes, où elles sont souvent des pluies torrentielles. L'été se caractérise par de très hautes températures [9].

2.3.-Application de l'indice de végétation normalisé (NDVI)

En télédétection le plus connu des indices est l'indice de végétation normalisé (NDVI). Son principe repose sur le fait qu'un couvert végétal absorbe l'énergie dans la bande rouge et réfléchit beaucoup dans le PIR, d'où la formule [6]:

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

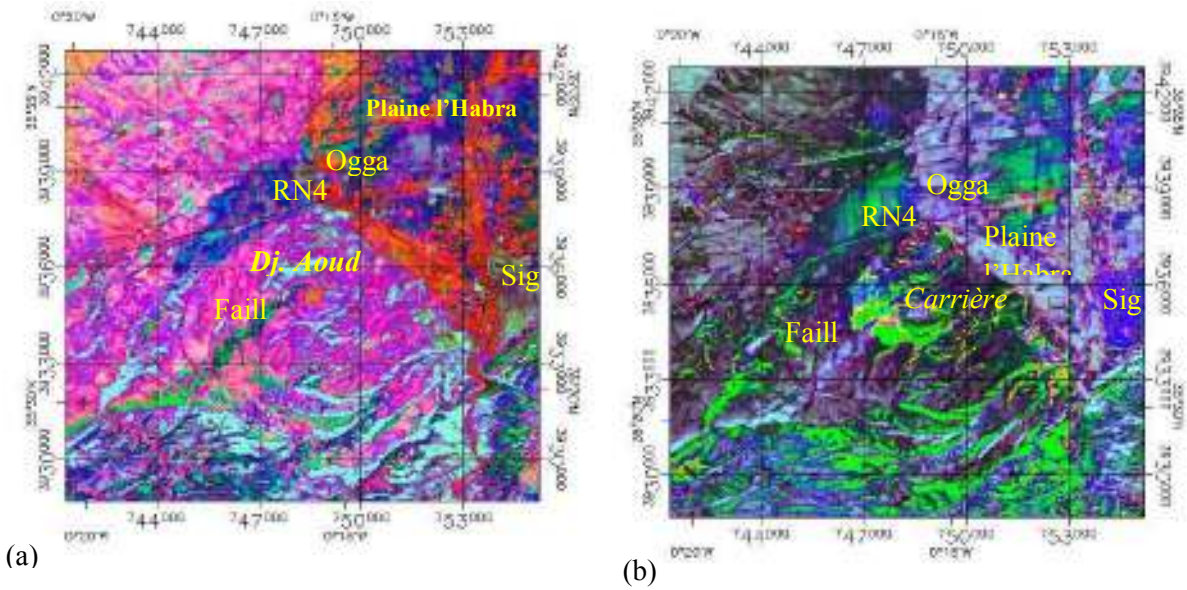

Figure 4.- Composition colorée des canaux: intensité (I), teinte (T) et saturation appliquée sur l'image TM 25/09/1999 (a) et l'image ETM+ 02/09/2011 (b)

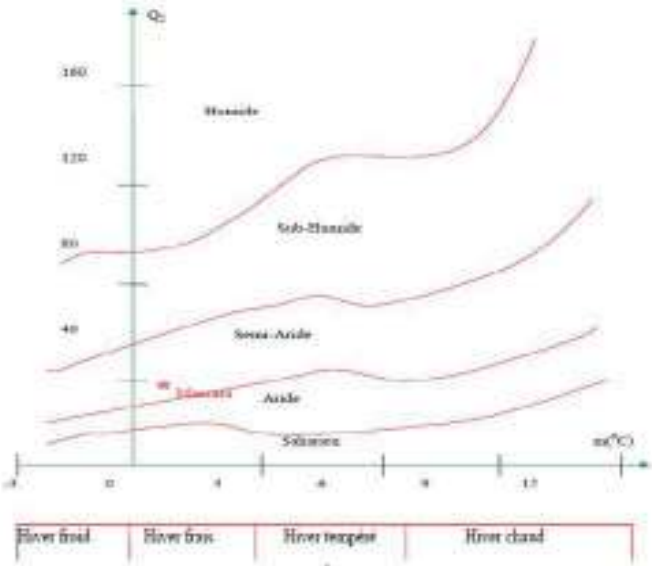

Figure 5.- Localisation de la station de Mascara sur le climat gramme d'EMBERGIER (1986- 2004) [9]

C'est une transformation très utilisée pour surveiller l'état de la végétation, il est utilisé les canaux: proche infrarouge et infrarouge. C'est entre les bandes rouges et infrarouges qu'on observe les plus grands écarts de réflectance entre la végétation et les sols. Le canal infrarouge possède la plus grande richesse d'information (variance élevée). Un des avantages de l'utilisation des rapports spectraux est la réduction de l'effet de variation de l'illumination solaire causé par la topographie. Le fait de calculer des valeurs relatives (des rapports), plutôt que des valeurs absolues d'intensité, ceci va produire une réduction des effets topographiques.

L'application de l'NDVI dans l'espace de Djebel Aoud Asma, représentée par la figure 6, montre les changements qu'a subis le couvert végétal, durant 12 ans.

La teinte blanche sur les images indique l'absence de végétation. L'image 2011 présente plus de blanc qu'en 1999. Cette régression du couvert végétal n'est pas dû aux conditions climatiques (l'année 2011 est pluvieuse par rapport à 1999) mais c'est l'impact de l'extension urbaine de la ville de Oggaz et de Sig et surtout l'exploitation de carrière par LAFARGE. En effet, le tableau I et la figure 7 qui illustrent, les statistiques et les histogrammes de l'NDVI, ont permis de faire le suivie de l'activité chlorophyllienne de la région. Les valeurs maximales du NDVI des images de 1999 et 2011 représentatives, sont 0.4 et 0.3 exprimant une végétation dense.

Les valeurs minimales du NDVI sont de l'ordre de -0.30 et -0.46 et expriment l'absence du couvert végétal notamment en 2011, dû à l'exploitation de la carrière de LAFARGE et l'extension urbaine de la ville de Sig. En effet, les valeurs moyennes du NDVI en 2011 le confirme (-0.28) par rapport à celle de 1999 (-0.16).

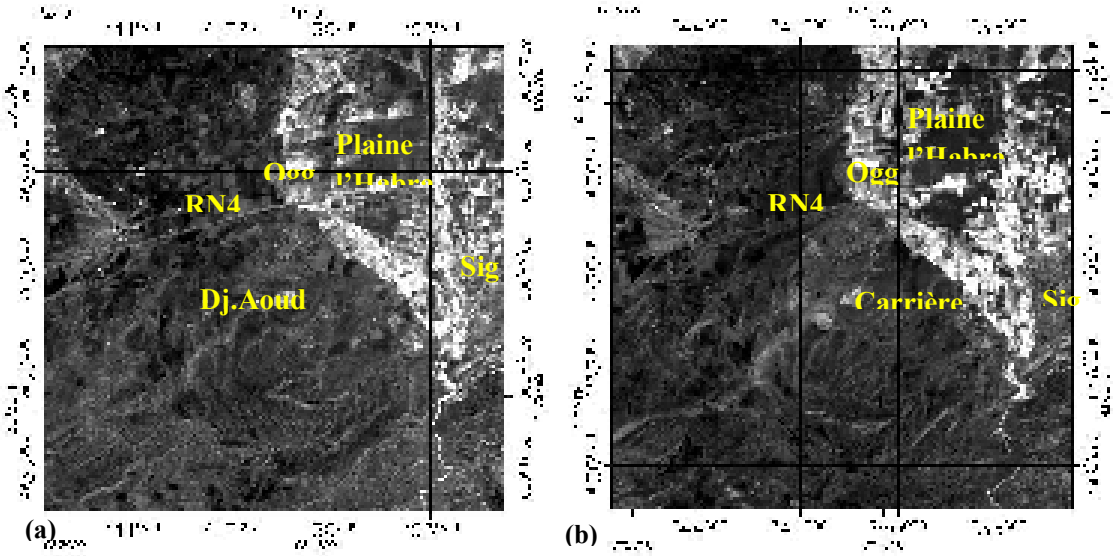

Figure 6.- Indice de végétation normalisé NDVI appliqué sur: (a) image TM 25/09/1999, (b) image ETM+ 02/09/2011

Tableau I.- Statistiques de L'NDVI de Djebel Aoud Asma (1999, 2011)

Statistiques de l'NDVI	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Image 1999	-0.304348	0.442623	-0.160165	0.061461
Image 2001	-0.462687	0.333333	-0.286931	0.083289

La figure 8 représente la cartographie de changement par la superposition des résultats des deux dates1999 et 2011 de l'indice de végétation normalisé NDVI. La couleur rouge indique un changement évolutif. C'est le cas des terrains d'agriculture périurbaine et d'une partie de la plaine de l'Habra, aussi quelques zones de restauration des sols par les forestiers. La couleur verte indique un changement régressif où la disparition totale du couvert végétal dans la zone de carrière et l'extension de la ville de Oggaz et de Sig.

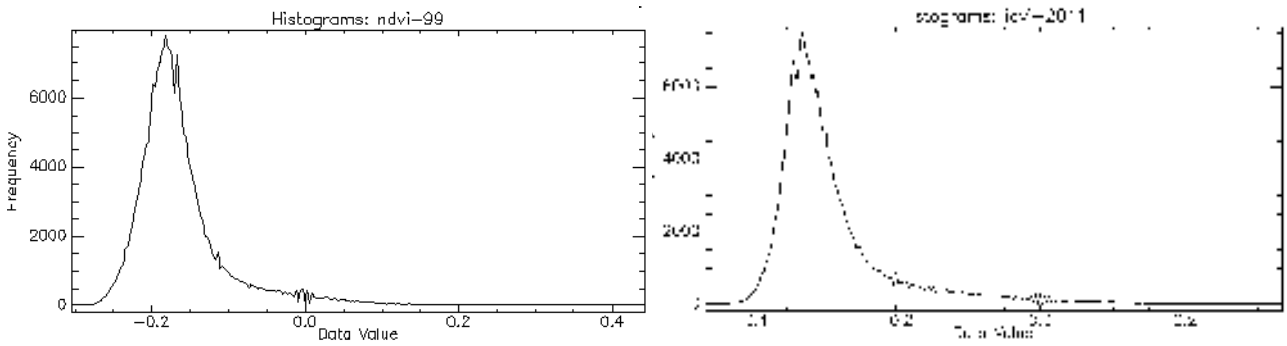

Figure 7.- Histogrammes des valeurs de l'NDVI en 1999 et 2011

Une sortie sur le terrain a été effectuée au mois de décembre 2017 pour effectuer un constat de lieux dans la carrière. D'après la figure 8, les photos 1, 2, 3 et 4, expriment le changement de l'espace de Djebel Aoud Asma. La photo 1 représente la chaabat qui limite la carrière et déverse directement sur la plaine de l'Habra. C'est une ancienne zone restaurée par les forestiers. La photo 2 illustre les gradins de l'exploitation du calcaire au détriment de la végétation naturelle. Les photos 3 et 4 montrent le site de la cimenterie LAFARGE par rapport à la carrière et la plaine de l'Habra. L'impact de l'usine de ciment sur l'écosystème est majeur, il affecte le site par l'émission de poussières et du bruit, surtout l'agglomération de Ahl El Ouennen avoisinante. La cimenterie utilise des matières premières extraites près de la surface du sol, ce qui accentue les dégradations du couvert végétal. Pour la route nationale RN4, le réseau de circulation et le volume du trafic ont augmenté. Donc il faut intervenir pour sauvegarder ce milieu et pour empêcher cette dégradation accélérée du sol et de la végétation. Si l'intervention ne se fait pas par des techniques adéquates, il s'obtiendra une dégradation irréversible de ce milieu naturel.

Conclusion

L'occupation du milieu naturel par les végétaux suit étroitement le cycle des saisons. Les plantes annuelles, meurent chaque année en laissant des graines qui germeront au printemps suivant, exemple: le coquelicot. Les plantes vivaces, persistent tout au long de l'année, mais changent d'aspect, par exemple les arbres. Cependant, la création d'une exploitation de carrière a des conséquences néfastes sur le milieu naturel et représente un fardeau pour la réhabilitation de l'environnement.

La surface importante du changement régressif des versants de Djebel Aoud Asma implique une remise en état qui doit viser le retour à l'équilibre de l'écosystème, en tenant compte du climat, de la nature du substrat minéral et de la nouvelle topographie. D'après Kherratia **[10]**, des aménagements pour la remise en état doivent être définis pour ces versants, exposés aux mouvements de masses dues à l'exploitation de carrière. Un réaménagement biologique doit être entrepris par LAFARGE; afin de préserver la fréquentation et la visibilité du flanc du versant exploité et ceci pour éviter l'isolement de ce milieu naturel.

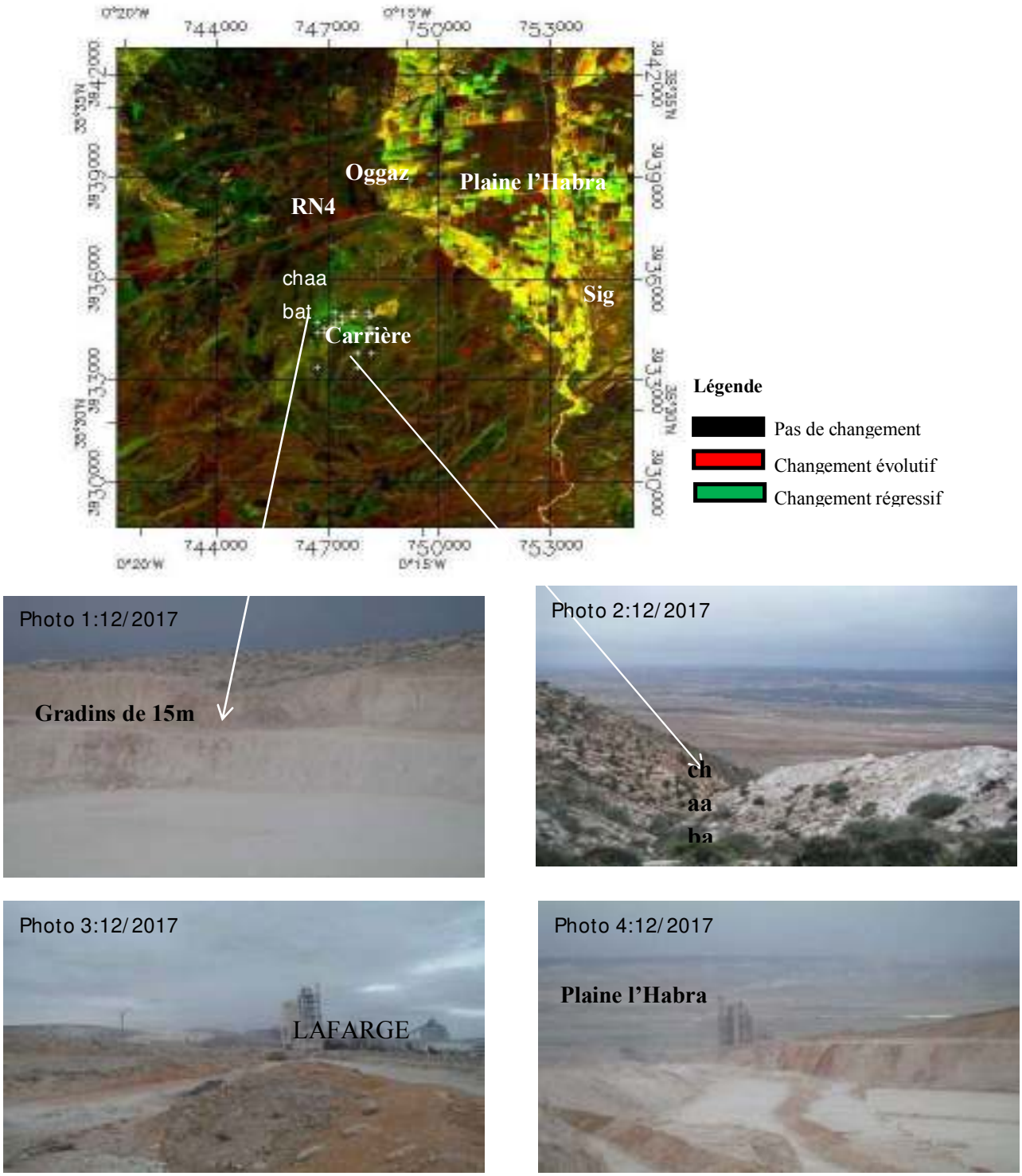

Figure 8.- Carte de changement de l'espace de Djebel Aoud Asma de la période 1999 à 2011 en rapport avec les photos terrain de décembre 2017.

Références bibliographiques

[1].- Thintoin R., 1937.- Les monts des Ouled-Ali esquisse morphologique. Annales de Géographie, T. 46, n°262: 374-389;

[2].- Bachir BelmehdiF., 1998.- Etude comparative de l'érosion hydrique dans les Beni Chougrane, cas de Djebel Aoud Asma à exposition nord et Djebel Sidi Ali Cherif à

exposition sud. Mémoire d'ingénieur. Option aménagement des milieux physiques. Université Oran, Senia, 134p.

[3].- Boudy P., 1948.- Economie forestière nord-africaine: Milieu physique et milieu humain. Ed. Larose, Paris, 878p.

[4].- PerrodonA., 1957.- Étude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Service de la carte géologique de l'Algérie, Bulletin n 12: 62-82.

[5].- Bachir Belmehdi F., 2002.- L'apport de l'imagerie radar et optique à la caractérisation de la morphologie des dunes et l'état du voile sableux: application au cordon d'El Mesrane et Zaafrane (wilaya Djelfa). Thèse de magister en Technique spatiales, option Télédétection, CNTS Arzew, Oran, Algérie, 118p.

[6].- Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., and Deering D.W., 1973.- Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I: 309-317.

[7].- Smara Y., 1997.- Contribution au système L.A.T.I.S. Evaluation de correspondance terrain-image classée et intégration d'images multi sources optique et radar SAR; Thèse doctorat d'état. Université des sciences technologique Houari Boumediene, Bab Zouar, Algérie, 277p.

[8].- Meddi M. et Hubert P., 2003.- Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. In: Hydrology of the mediterranean and semiarid regions, IAHS publication, n°278: 229-235.

[9].- Remil. R, 2006.- Utilisation de l'imagerie satellitaire et des SIG dans l'analyse phytoécologique et l'aménagement, application a la région de Beni Chougrane. Mémoire de Magister, option Eco-biologie. Institut de Biologie. Université de Mustapha Stambouli de Mascara, Algérie, 167p.

[10].- Kherratia. S, 2012.- Etude d'Impact sur l'Environnement Etude De Cas du Carrière et Cimenterie à Ain CHEGGAG. Mémoire de Master en Sciences et Techniques, Université de ben Mssik, Maroc, 83p.