

Utilisation des données satellitaires pour le suivi des changements d'occupation du sol et de la dégradation du couvert végétal dans les zones semi-arides: cas de la région Sud des Aurès (Algérie)

Hassen Benmessaoud, Mahdi Kalla, Hadda Driddi et Yassine Beghami

Laboratoire Risques Naturels et Aménagement du Territoire, Faculté des sciences,
Université El Hadj Lakhdar, Batna (05.000), Algérie.

Accepté le 12/06/2008

منطقة الأوراس الشبه (حيواني) لا يمكن دحضه. لكن الأحوال الجوية (هواطل >300 / سنة و درجات حرارة متوسطة تتراوح بين 11,5 °C و 33°C) و الحقائق الاجتماعية الصعبة تؤدي إلى تآكل الوسط الفيزيائي والذي يتمثل في انحصار الغطاء الغابي الكثيف. مساحة هذه الوحدة تقلصت من 20700 هـ سنة 1987 إلى 11648 هـ سنة 2001. هدف هذه الدراسة هو تحديد مدى مساهمة صور الأقمار الصناعية في كشف تغيرات استغلال الأرض ومتابعة ظاهرة تدهور منطقة جنوب الأوراس. استعملنا في هذه الدراسة صور Landsat ETM TM 1987 2001. المناطق التي لحقتها التعرية هي غابات بني ملول، جبل مزبل، وجبال احمر خدو و كل هذه المناطق معروفة بالأصناف المتوسطة. الطريقة المتبعة تشمل تحليل الصور الساتلية والتصنيف لتجلية التغيرات الكلية للاستعمال الأرضي في هذه المناطق. أئج تظهر تدهور كبير على مستوى سطح الأرض و غطائها النباتي إبان الفترة الممتدة من 1987 إلى غاية 2001.

الكلمات المفتاحية: الأوراس؛ الصور الساتلية؛ تدهور الموارد الطبيعية؛ منطقة شبه جافة.

Résumé

La région des Aurès, semi-aride, est riche en biodiversités. Les conditions climatiques (précipitations < 300 mm/an, des températures variant entre 11,5 et 33°C) et la réalité anthropique défavorables induisent une dégradation du milieu physique provoquant la régression des forêts. La superficie boisée a varié de 20700 en 1987 à 11648 ha en 2001. Cette étude utilise les images satellitaires pour la détection des changements d'occupation du sol et le suivi des processus de dégradation dans la région Sud des Aurès. Pour cela, il a été utilisé les images: Landsat ETM + de l'année 2001 et TM 1987, de la région sud des Aurès (Beni-Mloul, Dj.Mezbel et Dj Ahmar Khaddou), exposée aux phénomènes de la dégradation caractérisés par des espèces endémiques. La démarche adoptée consiste à traiter des images satellitaires multi-dates par la méthode de classification supervisée de Maximum vraisemblance pour visualiser les changements globaux d'occupation du sol. Les résultats obtenus des traitements des images satellitaires montrent bien que le couvert forestier, les parcours ainsi que les sols font l'objet d'une dégradation très avancée. Cette étude multi temporelle est un diagnostic qui a permis de déterminer les phénomènes de dégradation provoquant une régression du couvert végétal et leur évolution entre 1987 et 2001.

Mots clés : Aurès; données satellitaires multi dates; dégradation ressources naturelles; zones semi-arides.

Abstract

The semi-arid region of the Aurès presents an undeniable diversity of flora and fauna; however, weather and adverse anthropogenic conditions caused degradation of the physical environment, which takes the form of a decline in the natural forest cover. The objective of this study is to determine the contribution of satellite images in detecting changes in land use and Monitoring of the degradation processes in the region south of the Aurès. For this, we used images: Landsat ETM + for 2001 and TM 1987. These images cover the southern region of Aurès which presents a landscape exposed to the phenomena of degradation including mountains of Beni-Mloul, Djebel Mezbel and Djebel Ahmar Khaddou forests characterized by endemic species. The approach is to treat multi-dates satellite imagery by the method of supervised classification of Maximum likelihood to see global changes of land use that have occurred in this area. This study is a multi temporal diagnosis, which has allowed us to both identify the degradation affecting vast semi-arid areas, causing regression of plant cover and also its development between 1987 and 2001.

Key words: Aurès; satellite data multi dates; degradation natural resources; semi-arid areas.

Auteur correspondant: ha123_m123@yahoo.fr (Hassen Benmessaoud)

1. INTRODUCTION

En Algérie, comme dans les pays en développement, la conjugaison de la pauvreté et de la croissance démographique dans les milieux fragiles aboutit à une dégradation des ressources non renouvelables, ou difficilement renouvelables, notamment les forêts, les sols et les eaux.

Ces dernières années, ce processus s'est particulièrement accentué suite à l'exploitation irrationnelle des ressources naturelles (fourragères) et à la mise en culture des terres fragiles (défrichement) [3, 2, 4]

Les interactions entre un milieu déjà fragile, l'irrégularité des précipitations, la recrudescence des périodes de sécheresse depuis 1970, et les pressions socio-économiques accrues ont augmenté la dégradation du milieu [1, 6, 9]

L'ampleur de la dégradation a engendré une situation nouvelle caractérisée par la réduction du couvert végétal, la diminution de la production fourragère et l'extension rapide de l'ensablement sur des zones agricoles et non agricoles [14, 8, 7]

La dégradation des terres dans ces écosystèmes déjà fragilisés par les conditions climatiques et édaphiques, nécessite surtout et avant toute intervention, des recherches approfondies en amont : répertorier l'ensemble des facteurs impliqués de façon directe ou indirecte dans le processus de dégradation du milieu et surtout, chercher à savoir comment ces facteurs se conjuguent et interagissent dans le temps et dans l'espace.

La télédétection spatiale par le nombre élevé de données, par l'homogénéité synoptique conférée aux informations transmises, par la répétitivité de l'acquisition de ces données, trouve une

place privilégiée comme outil performant de suivi de la dégradation et son évolution [11,5,8,12]

Les images satellitaires sont descriptives et elles apportent une information visuelle très importante, l'aspect multi-spectral des données de télédétection offre un atout crucial dans la caractérisation des objets dans une large bande spectrale [12]

L'objectif de cette étude est de montrer d'une part, le potentiel de la télédétection pour la caractérisation de l'occupation du sol de la zone d'étude et d'autre part son évolution spatio-temporelle à partir des traitements effectués sur deux images satellitaires de Landsat de 2001 et de 1987.

1.1 Contexte géographique

Les Aurès constituent une entité géographique localisée à l'Est de l'Atlas saharien. Cet ensemble de chaînes de montagnes très escarpées est fortement exposé au phénomène de dégradation notamment dans sa partie sud, laquelle se trouve en contact direct avec le Sahara.

Géographiquement, la zone d'étude se localise au sud des Aurès (fig.1), entre les méridiens 6° 29' et 5°36' Est et les parallèles 35°15' et 34°41' Nord.

La région se caractérise par de fortes dénivellations sur de courtes distances [2]. Sur le versant Nord l'altitude varie entre 1200 m et 2300 m. sur le versant sud elle descend à moins de 50 m (fig.2).

Sur le plan géologique, la région est subdivisée en deux principaux domaines : Les formations calcaire-marneuses prédominent au massif de Beni-Melloul et Dj.Mezbel. Les zones élevées sont couvertes par des matériaux relativement

durs (Grés et calcaire).

Les zones à basse altitude sont le domaine des matériaux fins au nord et des matériaux grossiers au sud. La dominance des matériaux facilement érodables est un élément qui accentue la dégradation du couvert végétal en Aurès sud.

La partie sud est la plus vulnérable. Cette vulnérabilité est accentuée par des pentes fortes au nord et moyennes au

centre et au sud. En effet, sur une distance de 35 km on passe de 1700m à moins de 50 km d'altitude. Cette situation favorise le ruissellement qui à son tour déclenche les différents processus de d'érosion.

Le réseau hydrographique est principalement endoréique. Les écoulements sont temporaires et l'irrégularité est parfois extrême.

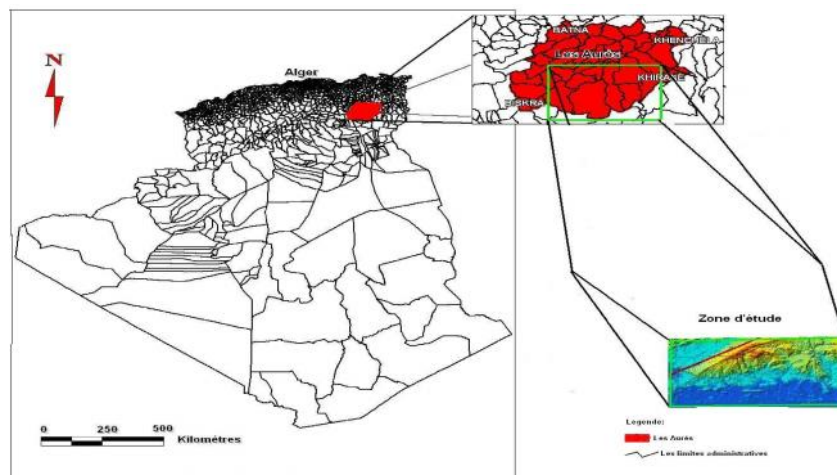


Figure 1. carte de situation de la zone d'étude.

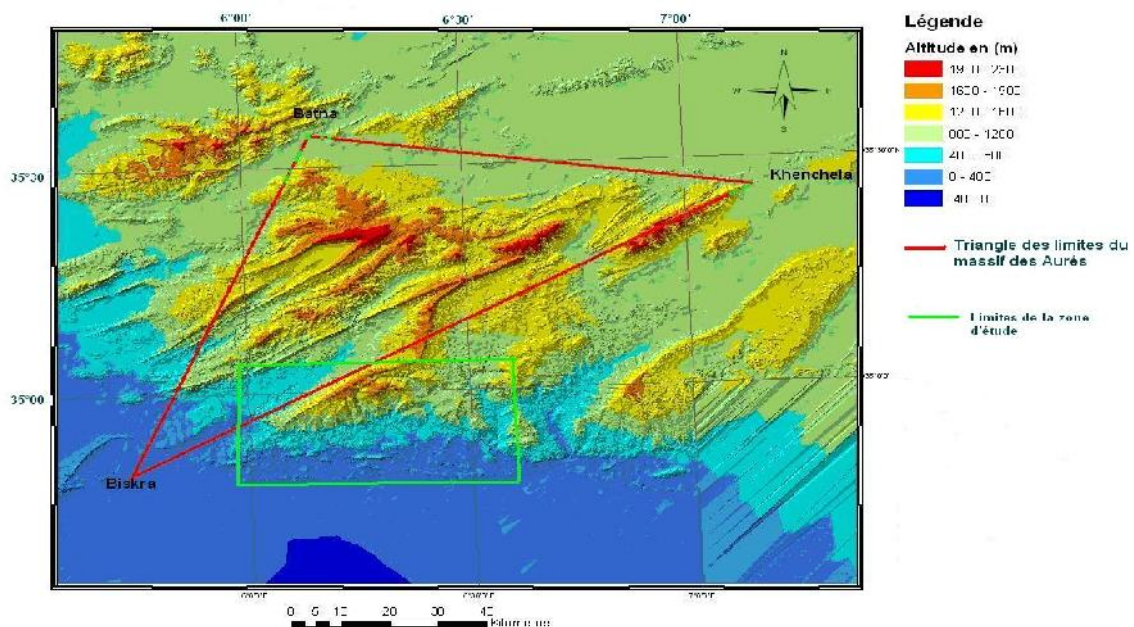


Figure 2. Orographie de la région des Aurès par MNT.

Du point de vue climatique la zone d'étude appartient au climat méditerranéen semi aride (fig. 3), caractérisé par un été sec et chaud et un

hiver frais sur les reliefs et doux dans la plaine (fig. 4)

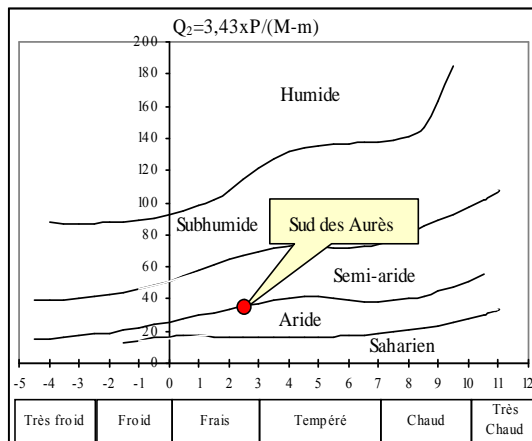


Figure 3. Climagramme d'Emberger.

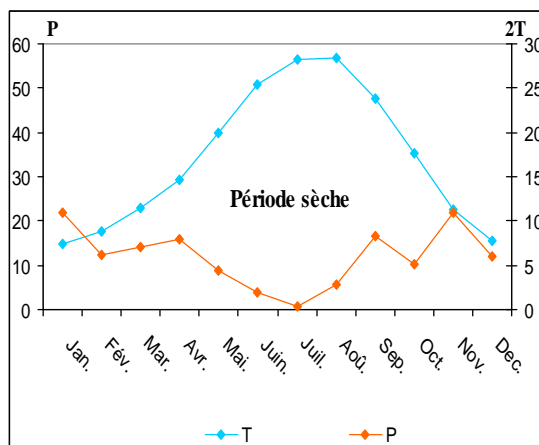


Figure 4. Diagramme Ombrothermique.

2. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

La démarche adoptée consiste à utiliser des images satellitaires brutes de satellite américain Landsat 5 et 7 à des dates différentes (27 avril 1987 et 10 avril 2001) et un travail de terrain d'échantillonnages pour la vérification de la réalité de terrain afin d'effectuer une analyse thématique de ce milieu, et pour visualiser les changements globaux qui se sont produits dans cette zone.

2.1 Critères de choix des images satellitaire et des canaux multi-spectraux

Le choix de type des images satellitaires dépend de plusieurs critères et plus particulièrement de la dimension

spatiale de la zone d'étude et le nombre des scènes réduites [8,13].

Les images du satellite Landsat TM et ETM+ présentent l'avantage de couvrir par une seule scène d'une grande superficie «185 Km X 185 Km» et offrent donc une vue synoptique du territoire d'étude.

La zone pilote est couverte par les scènes TM et ETM+ 1987/37, 2001/36, à l'extraction d'images de dimensions égales (2400 x1200 pixels).

Chaque objet naturel est identifié par sa signature spectrale. Il ne réagit pas de la même façon le long du spectre électromagnétique. L'analyse de la signature spectrale des différents objets de l'occupation du sol est une étape importante pour le choix des canaux ETM+ des scènes Landsat.

2.2 Composition colorée et amélioration de la qualité des images

Dans cette étape, nous avons préféré travailler sur la combinaison des bandes 1, 2 et 3; car sur cette combinaison de canaux l'aspect visuel naturel des différentes unités paysagères est mieux représenté et traduisant la réalité du terrain.

Ceci a pu être réalisé grâce à la faible corrélation des canaux et par la concordance entre les bandes spectrales et le thème se rapportant à notre étude. L'ensemble des images des deux scènes a subi un traitement d'amélioration de contraste afin de parvenir à une composition colorée mettant en évidence la plus grande partie de l'occupation des espaces (fig.5).

3. MISSIONS DE RECONNAISSANCE ET DONNEES DE TERRAIN

Plusieurs missions de reconnaissance de terrain ont été effectuées pour le repérage et la connaissance d'un certain nombre de parcelles représentatives des différents types d'occupation du sol que l'on rencontre sur la zone d'étude. Avant d'entamer les missions de repérage des zones test à l'aide de GPS et des fiches descriptives des stations d'échantillonnage, nous étions amenés à faire un travail préliminaire de la classification supervisée (échantillonnage sur image) (fig.6).

Enfin, après confrontation de l'image à la réalité physique (composition colorée

avec les informations récoltées sur terrain) une généralisation de l'analyse de l'image a été établie à partir des clés d'interprétation. Cette généralisation a par conséquent abouti à une typologie des principales occupations du sol retenues dans cette étude :

- 1 – Forêt dense;
- 2 – Forêt claire;
- 3 – cultures irriguées;
- 4 – Parcours ;
- 5 – Terrains rocheux;
- 6 – Sols sableux;
- 7 – Sols nus;
- 8 – Cours d'eau et terrains humides;
- 9 –Zones d'agglomération.

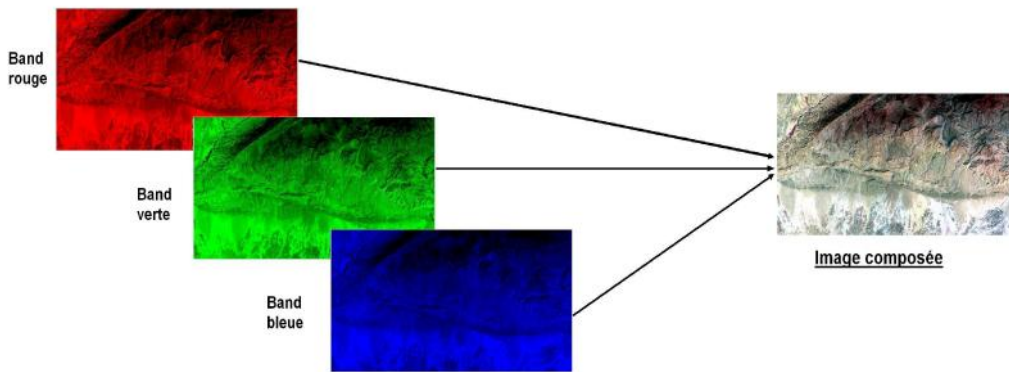


Figure 5. La composition colorée de l'image satellitaire.

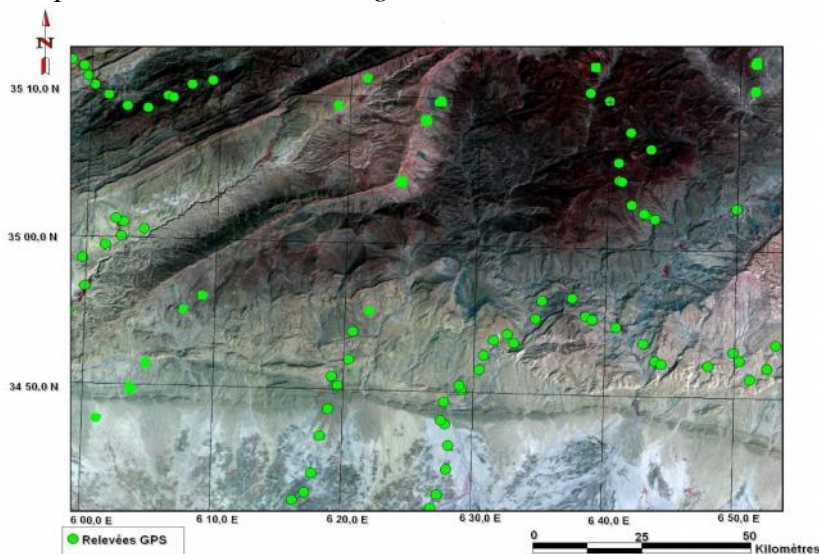


Figure 6. Carte des points d'échantillonnage.

4. CLASSIFICATION DE LA COMPOSITION COLOREE

Le mode supervisé a été choisi pour réaliser la classification du milieu de la zone d'étude. La méthode du maximum de vraisemblance a été retenue pour la classification de la composition colorée (fig.7). Cette méthode est considérée comme une technique puissante de classification [11,10].

L'opération « classification » des images a nécessité de délimiter spatialement les parcelles tests sur la

composition colorée. Dès lors, en utilisant le logiciel ENVI 4.0 (fig.8)

5. VALIDATION DE LA CLASSIFICATION

Il est possible d'évaluer les performances de cette classification en évaluant le pourcentage et le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque polygone test. La matrice de confusion illustre cette performance. Cette évaluation a été complétée par des visites sur terrain visant à valider la classification effectuée sur les images.

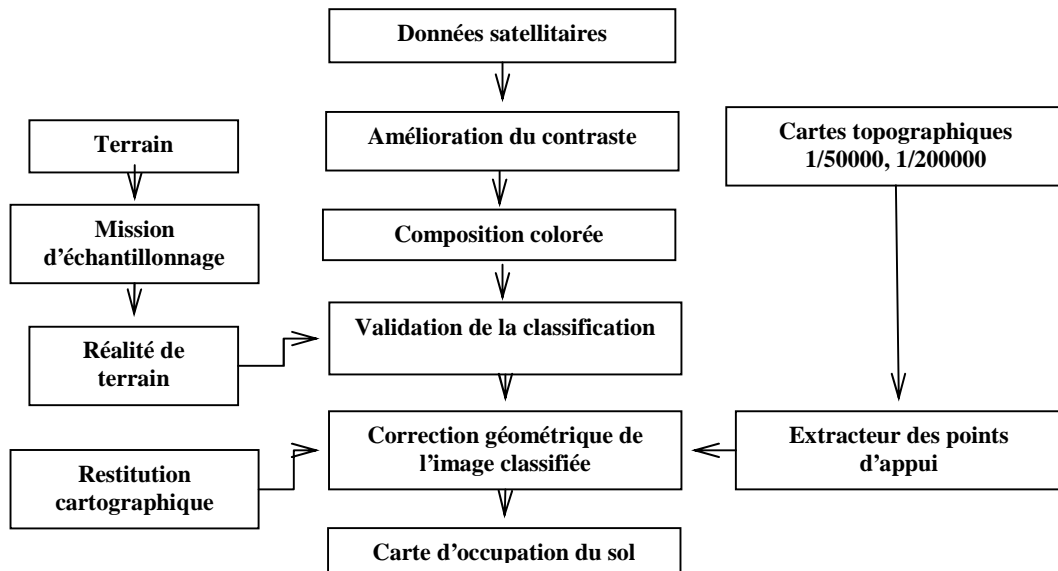


Figure 7. Etapes de la réalisation d'une carte d'occupation du sol.

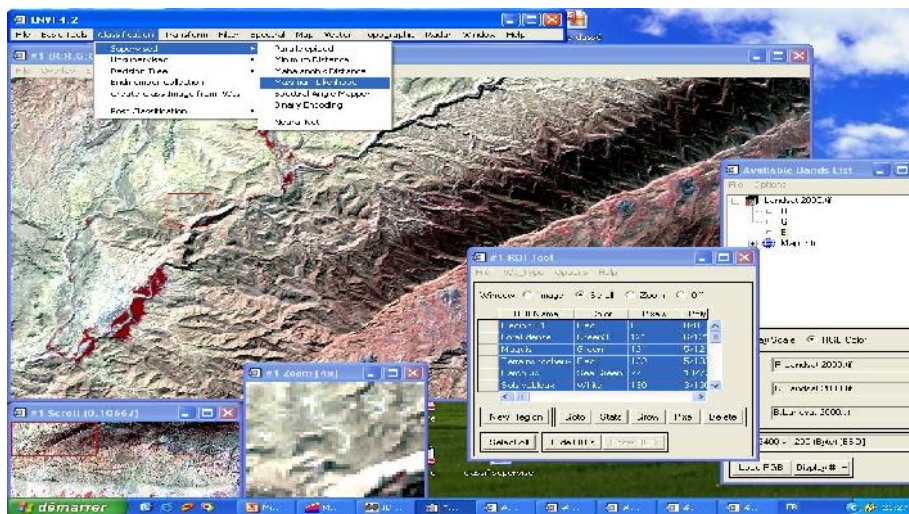


Figure 8. Technique de la classification de la composition colorée

Grâce à cette interprétation nous avons pu extrapoler pour ces zones présentant des critères de similitudes (teinte de couleur, forme géométrique, signature spectrale) qui s'approchent des zones ayant subi une reconnaissance de terrain. Les tableaux 1 et 2 illustrent cette performance.

De cette analyse il ressort que malgré les différents types d'images utilisées, nous arrivons à avoir une performance

moyenne de la classification de l'ordre de 83.09%. Il est à noter que les confusions qui existent entre les différentes catégories de l'occupation du sol de la région d'étude ont été levées grâce à une interprétation visuelle effectuée sur l'image classifiée. Les parcelles test homogènes sont particulièrement bien classées, c'est le cas des classes : Parcours, terrains rocheux, et les cultures irriguées dont le pourcentage de précision statistique (indice de HELLDEN2) est supérieur à 90%.

Tableau 1. Matrice de confusion de la classification de l'image TM de Landsat pour la période de 1987.

	Forêt dense	Forêt Claire	parcours	Cultures irriguées	Terrains rocheux	sols nus	Sols sableux	cours d'eau	Zones d'agglom.	Total en pixel
Forêt dense	<u>20121</u>	7233	2	2	0	0	0	0	0	27358
Forêt Claire	1494	<u>10581</u>	109	16	175		0	0	0	12375
parcours	9	72	<u>15954</u>	57	227	254	51	60	51	16735
Cultures irriguées	189	353	36	<u>686</u>	45	7	2	0	7	1325
Terrains rocheux	2	444	1155	16	<u>8145</u>	449	478	22	3	10714
sols nus	0	0	2821	16	284	<u>10508</u>	478	121	3	14231
sols sableux	0	0	79	15	20	1123	<u>11882</u>	74	5	13198
cours d'eau	3	7	479	180	2	70	217	<u>1359</u>	123	2440
Zones d'agglom.	0	19	89	106	33	70	39	57	<u>243</u>	656
Total en pixel	21818	18709	20724	1094	8931	12481	13147	1693	435	<u>99032</u>

Tableau 2. Matrice de confusion de la classification de l'image ETM+ de Landsat pour la période de 2001.

	Forêt dense	Forêt Claire	parcours	Cultures irriguées	Terrains rocheux	sols nus	sols sableux	cours d'eau	Zones agglom.	Total en pixel
Forêt dense	<u>4135</u>	2574	16	5	94	0	3	1	0	6828
Forêt Claire	602	<u>14683</u>	150	58	924	0	11	60	2	16490
parcours	1	143	<u>17226</u>	145	488	557	190	239	15	19004
Cultures irriguées	2	229	30	<u>2159</u>	256	4	15	9	17	2721
Terrains rocheux	12	588	256	95	<u>9815</u>	234	235	21	0	11256
sol nu	0	0	779	9	545	<u>5463</u>	1262	76	3	8137
sols sableux	0	0	566	34	339	1427	<u>8204</u>	293	90	10953
cours d'eau	0	10	518	41	28	18	242	<u>2413</u>	103	3373
Zones agglom.	0	64	513	80	234	74	384	242	<u>476</u>	2067
Total en pixel	4752	18291	20054	2626	12723	7777	10546	3354	706	<u>80829</u>

Ces catégories d'occupation du sol sont bien appréhendées et bien restituées, leur précision cartographique est fidèle avec moins de 8% d'imprécision;

Les parcelles test dont le contenu taxonomique correspond en fait à une mosaïque sont moins performants, citons par exemple les classes : Forêt dense, claire et les sols sableux dont le pourcentage de précision statistique ne dépasse pas les 70%. Cela est dû à une certaine confusion entre ces parcelles. En effet, sur les 10953 pixels affectés à la classe des sols sableux 8204 se sont trouvés bien classés.

En plus de la matrice de confusion, nous avons procédé aux calculs statistiques pour permettre la détermination des pourcentages de l'occupation du sol de chacune des formations présentes dans la zone d'étude.

6. CONCEPTION DE LA CARTE D'OCCUPATION DU SOL

La conception de la carte d'occupation du sol, de l'image corrigée jusqu'au produit fini, à nécessité deux étapes:

- Correction géométrique de l'image classée ;
- Superposition des plans d'informations sur la carte d'occupation du sol.

6.1 Résultats obtenus et Interprétation

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de support cartographique (fig.9) identifiant les diverses composantes de l'espace étudié, notamment le couvert forestier, les parcours et les cultures, afin de permettre une analyse du processus du phénomène de dégradation.

Dans le cadre de cette étude, l'accent a été mis sur le traitement de données de télédétection diachronique pour le suivi de l'évolution de la dégradation dans un milieu semi-aride.

Les différents traitements effectués sur les deux scènes des images pendant la période de 1987 et 2001 ont permis d'obtenir la carte des changements d'occupation du sol.

L'utilisation des données de télédétection à travers la dynamique de la couverture des sols et de la composition colorée diachronique nous a permis de mettre en évidence les différents changements qui ont eu lieu entre 1987 et 2001. Ces changements concernent les mutations des unités paysagères dans cette zone.

L'analyse de la carte des changements pour toute la zone a montré l'impact de l'effet anthropique reflété par l'extension des zones d'agglomération.

En effet, l'observation du tableau 3 qui représente les pourcentages des surfaces d'occupation du sol déduit de la matrice de confusion montre que :

Cette zone a subi des changements importants qui se manifestent par une réduction du couvert forestier dense de l'ordre de 4 % qui semble être liée à des conditions climatiques sévères, notamment, à la sécheresse qui a sévit pendant le début des années 1990 [14,9], ainsi qu'à des conditions anthropiques défavorables telles que les incendies et les exploitations abusives du bois [2]. Cette régression de la forêt dense a engendré une extension d'une forêt claire et des parcours.

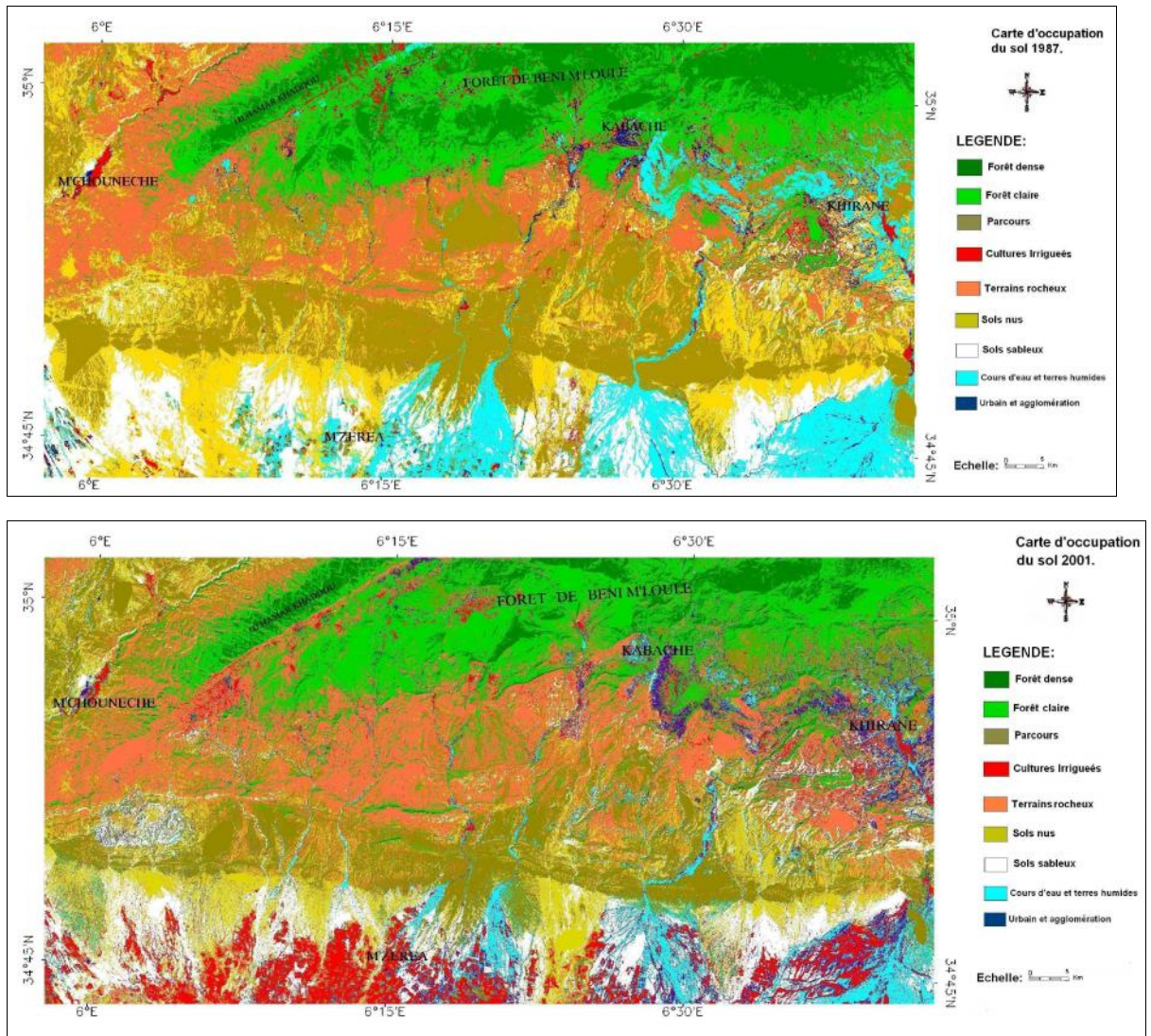


Figure 9. Carte des changements d’occupation du sol entre 1987 et 2001 dans le Sud des Aurès.

Tableau 3. Comparaison des surfaces des unités d’occupation du sol.

Unité d’occupation du sol	Superficies en (%) 1987	Superficies en (%) 2001
Forêt dense	08,85	04.98
Forêt Claire	11,42	15.20
Parcours	18,17	19.75
Cultures irriguées	02,40	05.37
Terrains rocheux	18.15	20.96
Sols nus	17,45	11.75
Sols sableux	11,86	11.04
Cours d’eau et zones hum	09,31	05.07
Zones d’agglomération.	02,38	05.84
Totale	100,00	100.00

L'action anthropique a contribué, aussi, à l'extension des zones d'agglomération qui passe de 02,38% à 05,84%.

Les superficies des cultures irriguées ont enregistré une augmentation de 02,40% à 05,37% au détriment des sols nus et des terrains humides liés à l'influence des cours d'eaux.

De l'observation des résultats précédents, nous remarquons une dégradation du couvert forestier du nord au sud et d'ouest en est.

7. CONCLUSION

A l'aide des données de télédétection nous avons mis en évidence les grandes recompositions spatiales des différents types d'occupation du sol ainsi que leur surface pour l'ensemble de la région d'étude.

Les résultats obtenus à partir des classifications des images satellitaires montrent l'existence d'une dégradation importante de la forêt, des parcours et des sols nus.

Cette étude multi dates représente un diagnostic révélateur d'un phénomène de dégradation de ces régions aboutissant à une régression considérable du couvert végétal. Ce résultat constitue un indicateur de déclenchement du phénomène de désertification dans ces régions.

La carte d'occupation du sol reste un document nécessaire et complémentaire pour l'appréhension de l'évolution rapide du phénomène de dégradation et les processus associés. Pour cela, la surveillance régulière de ce phénomène sur de longues périodes en utilisant les imageries satellitaires de haute résolution pourrait mieux évaluer le mécanisme d'évolution sur le terrain

Références

[1] K. Abdssemmed., Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) dans le massif de l'Aurès et du Belezma - *Etude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement*, Thèse Doctorat, Université d'Aix-Marseille, 1981.

[2] A. Ansar, L'Aurès Oriental: *Un milieu en dégradation*, Journal Algérienne des régions arides, Revue semestrielle N°01, Ed : C.R.S.T.R.A Biskra (Algérie), Juin 2002, pp. 24-32.

[3] S. Bedrani, *Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du nord. Cas de l'Algérie : le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du nord*, Algérie, OSS, 1996, pp.3-32.

[4] K.F. Benbrahim, M. Ismaili, S.F. Benbrahim, A. Tribak., *Problème de dégradation de l'environnement par la désertification et de déforestation : impact du phénomène au Maroc*, Revue de sécheresse, Vol.15, Numéro 4, 2004, pp.307-320.

[5] K. Benhanif, *Etude comparative des données Alsat 1 et Landsat ETM+ pour l'évolution de l'état des Forêts dans la région Ouest- Oran*, Actes des journées techniques Alsat 1 Utilisateurs Asal, Alger, 14 et 15 juillet 2003, pp.32-37.

[6] A. Benmohammadi, L. Benmohammadi, J.L. Ballais et J. Riser, *Analyse des interrelations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de ziz)*, Sécheresse (Paris), vol. 11, no 4, 2000, pp. 297-308.

[7] H. Benmessaoud, M. Kalla et H. Driddi, *Utilisation des images Alsat1 pour*

la réalisation d'une carte d'occupation du sol des zones semi arides –Cas de la région des Aurès (Algérie), Actes du colloque Géoflore, Nancy 10-12 Mai 2007, France.

[8] A. Bensaïd, *SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (Algérie)*, Thèse de doctorat en géographie, Université Es-Senia, Oran, Algérie, 325 p., 2006.

[9] Direction Générale de l'Environnement (D.G.E), *Élaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques*, Communication nationale initiale, Projet national ALG/98/G31, Alger, 131 p., 2001.

[10] B. Ferdinand, *Précis de télédétection*,

Vol. 2, Applications thématiques, Presse de l'Université du Québec, 1996, 617p.

[11] B. Isabelle, *Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen*, Thèse de Doctorat, Univ. Laval, 2007, 265p.

[12] M. Kalla, H. Dridi, H. Benmessaoud et R. Bouhetta, *Analyse de la vulnérabilité des zones endoréique à l'aide des outils de la géomatique –Cas de la zone aéroportuaire de Batna, Est-Algérie*, Actes du colloque Geotunis 2007, Tunis du 15-17 Novembre 2007.

[13] P. Rognon, *Sécheresse et aridité : leur impact sur la désertification au Maghreb*, Sécheresse (Paris), vol. 7, no 4, pp. 287-297, 1996.