

## Analyse spatio-temporelle des dégradations et évolution des forêts par Télédétection : Cas du parc national de Theniet El Had - Algérie

BERRICHI FAOUZI<sup>1</sup>, ZAIDI HACHEMI<sup>2</sup>, CHAMAKHI DJEMOU<sup>3</sup>, Hadj Sahraoui Omar<sup>4</sup> (Co auteurs)

<sup>1</sup>Auteur principal, Agence Spatiale Algérienne, Centre des Techniques Spatiales, Département Observation de la Terre.

<sup>1</sup>fberriichi@cts.asal.dz, <sup>2</sup>zaidi.hachemi@yahoo.fr, <sup>3</sup>dchamakhi@cts.asal.dz, <sup>4</sup>hsahraoui@cts.asal.dz

**ملخص:** تهدف المناطق الغابية المحمية إلى ضمان الحفاظ على الأنواع الحراجية التي تعتبر نادرة أو تمثل التنوع البيولوجي في الغابات. ويجب أن تسهم أيضا في معرفة أفضل عن الأداء الديناميكي للغابات.

لقد عانت الحاضرة الوطنية لثنية الحد، والتي تعتبر حاضرة وطنية منذ عام 1983، من تدهور أكثر تقدما. ويرتبط هذا التدهور عموما بعمل بشري مكثف نذكر منه (الرعي العشوائي، والاستغلال الفوضوي، والحرائق....) لا يمكن تحديد مقدار تأثيره بدقة إلا باستخدام التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد.

صورة القمر الصناعي، المستندة إلى رؤية تركيبية للمناظر الطبيعية، من الممكن أن تقلل من حجم الأشغال على أرض الميدان من أجل دراسة متوسطة المدى (رسم خرائط الجرد).

وبالنظر إلى هذه الميزة، يحدد هذا العمل هدفه الرئيسي في تنفيذ دراسة منهجية لرسم خرائط وتقييم التغيرات في مناطق الغابات استنادا إلى تقنيات الاستشعار عن بعد. وقد أتاحت هذه التقنية، بفضل الجوانب السينوبتيكية و التغيرات الزمانية التي توفرها وكذلك استخدام نظام المعلومات الجغرافية، إلى إمكانية إعداد خرائط لتقييم التغيرات.

أوضحت الدراسة بين فترتين والتي أجريت كجزء من هذا العمل على الحاضرة الوطنية لثنية الحد بين عامي 1987 و 2015، الأشكال الثلاثة للسلوك الديناميكي للغطاء النباتي: ثبات في مجالات استخدامات الأراضي المقدرة بـ **1734.45 هكتار** هو **45%** من المساحة الكلية، وتدهور **1511.37 هكتار** الذي يمثل **40%** و **15%** من هذه المناطق تشهد زيادة قدرها **588.09 هكتار**.

**الكلمات الأساسية:** رسم الخرائط، والاستشعار عن بعد، الحاضرة الوطنية، صورة الأقمار الصناعية، خرائط التغير.

**Résumé :** Les aires forestières protégées ont vocation d'assurer la préservation d'espèces forestières remarquables ou représentatives de la diversité biologique rencontrée en forêt. Elles doivent également contribuer à une meilleure connaissance du fonctionnement des dynamiques forestières.

Le Parc de Theniet El Had, Considéré comme Parc National depuis 1983, a subi une dégradation plus ou moins avancée. Cette dégradation est liée généralement à une action anthropique intense (surpâturage, exploitation anarchique, incendies ...).

La quantification de son impact ne peut être estimée d'une manière précise que par l'utilisation des techniques modernes telles que la télédétection.

L'image satellitaire, à partir d'une vision synthétique du paysage, permet de réduire l'ampleur des relevés au sol nécessaires à une étude à moyenne échelle (cartographie d'inventaire).

Compte tenu de cet avantage, ce travail se fixe comme objectif principal la mise en œuvre d'une étude méthodologique en vue de la cartographie et l'estimation des changements des zones forestières basée sur les techniques de la télédétection. Cette technique, grâce aux aspects synoptiques et diachroniques qu'elle offre ainsi que l'utilisation d'un système d'information géographique, ont permis la réalisation des cartes pour l'évaluation des changements.

L'étude diachronique réalisée dans le cadre de ce travail sur le parc national de Theniet El Had entre 1987 et 2015, a fait ressortir les trois formes de comportement dynamiques du couvert végétal : Une stabilité des superficies des classes d'occupation du sol estimé à **1734.45 ha** soit **45%** de la superficie totale, une dégradation de **1511.37 ha** qui représente **40%** et **15%** des superficies subi une progression de **588.09 ha**.

**Mots-clés :** Cartographie, Télédétection, parc national, image satellite, cartes des changements.

**Abstract :** The Protected forest areas are designed to ensure the preservation of forest species that are remarkable or representative of the biological diversity encountered in forests. They should also contribute to a better understanding of the functioning of forest dynamics.

The Park of Theniet El Had, considered as National Park since 1983, has undergone a more or less advanced degradation. This degradation is generally linked to an intense anthropic action (overgrazing, anarchic exploitation, fires ...).

The quantification of its impact can only be accurately estimated using modern techniques such as remote sensing. The satellite imagery, based on a synthetic vision of the landscape, reduces the amount of ground surveys required for a medium-scale study (inventory mapping). Given

this advantage, this work sets as the main objective the implementation of a methodological study for the mapping and the estimation of the changes of the forest zones based on the techniques of the remote sensing. This technique, thanks to the synoptic and diachronic aspects it offers, as well as the use of a geographical information system, made it possible to produce maps for the evaluation of changes.

The diachronic study carried out in the framework of this work on the Théniet El Had National Park between 1987 and 2015 revealed the three forms of dynamic behavior of the vegetation cover : Stability of the areas of the estimated land cover classes **1734.45 Ha**, or **45%** of the total area, a degradation of **1511.37 ha** which represents **40%** and **15%** of the area increased by **588.09 ha**.

**Keywords :** Cartography, Remote sensing, national park, satellite image, change maps.

## 1. Introduction

Une meilleure compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal est une préoccupation majeure pour les pays dont les écosystèmes subissent des dégradations sévères. En effet, les dynamiques d'occupation des sols ont des implications directes sur la disponibilité des ressources naturelles. (*Salah Eddine Bachir Bouiadjra et al., 2011*). Les montagnes algériennes, aussi bien telliennes que méditerranéennes, sont devenues des lieux de ruptures écologiques qui, si elles ne sont pas contenus, engagent des processus de destruction en chaîne (*Lecoz, 1990*).

Divers auteurs, (*Boudy, 1955*) ; (*Madani et al. 2001*) ; caractérisent la forêt algérienne par des grands traits : forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné, Présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la

### Approche méthodologique

#### Présentation du parc national de Théniet El Had

Le Parc de Théniet El Had, devenu national en juillet 1983 par le décret présidentiel N°83/459, Le territoire du parc

visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux, d'après (*Aafi 2007*) ; (*Benmessoud et al. 2009*), cette dégradation se traduit par :

- Une diminution du taux de recouvrement et le changement du cortège floristique par la diminution des espèces,
- Une dégradation des peuplements forestiers,
- Une absence de la régénération naturelle,
- Peu de réussite des surfaces reboisées,
- Mise en péril de la diversité biologique,
- Une réduction en superficie des espaces générateurs d'emplois et de ressources de vie pour les populations rurales riveraines de la forêt,
- Érosion et désertification.

L'étude et le suivi des changements qui parviennent au niveau des massifs forestiers nécessite l'utilisation de nouvelles techniques pour gérer l'espace, l'outil « télédétection » reste une voie incontournable. Les images que nous envoient les satellites d'observation de la Terre sont une source capitale d'informations objectives, globales et actualisées, elles permettent de collecter et mettre à jour les informations sur les ressources de la Terre et de surveiller l'impact des activités humaines (*Haddouche, 1998*).

Le développement rapide des outils informatiques au cours des dernières années notamment des Systèmes d'Information Géographique (SIG) a ouvert des possibilités très intéressantes pour une gestion rationnelle et conviviale des données géographiques de sources diverses (*Loukili et al., 2000*).

L'apport de la télédétection et du système d'information géographique dans l'étude de la dynamique environnementale dans la zone d'étude a permis de comprendre et d'analyser les changements des faciès environnementaux intervenus entre 1987 et 2015.

national est situé dans le massif montagneux de Djebel El Meddad englobant trois expositions principales (Nord, Sud et Ouest) (*Batel, 1990*). Il s'étend sur 3424 ha délimité par 558 bornes (*Lescomplekt, 1983*).

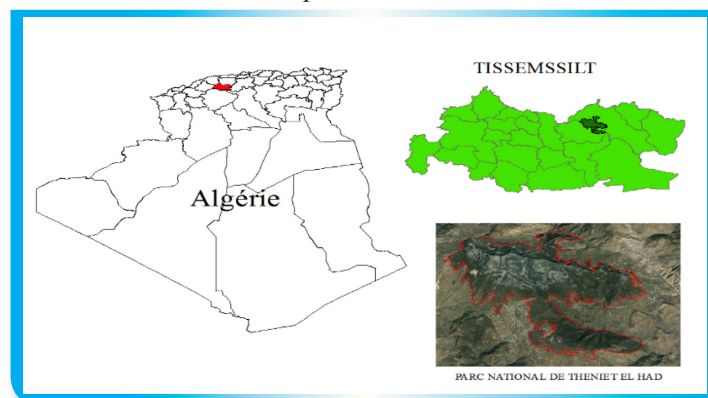


**Fig. 1** Situation géographique de la zone d'étude (Direction générale des forêts Algérie)

Le travail mené sur la zone d'étude, en utilisant l'outil télédétection et système d'information géographique, est basé sur :

- Une classification supervisée de l'image du satellite Landsat TM5 couvrant le parc national de Theniet El Had de l'année 1987, la classification de maximum de vraisemblance a été utilisée pour classifier l'image et la réalisation de la carte d'occupation du sol à un instant « t1 ».

- L'image du satellite Landsat 8 OLI de l'année 2015 a été classifiée en utilisant une classification supervisée de maximum de vraisemblance et qui a permis la réalisation d'une carte d'occupation du sol du parc national de Theniet El Had à un instant « t2 ».

- Vectorisation des deux cartes de classifications "t1" et "t2".

- Croisement des cartes.

L'organigramme suivant illustre les différentes étapes à suivre.

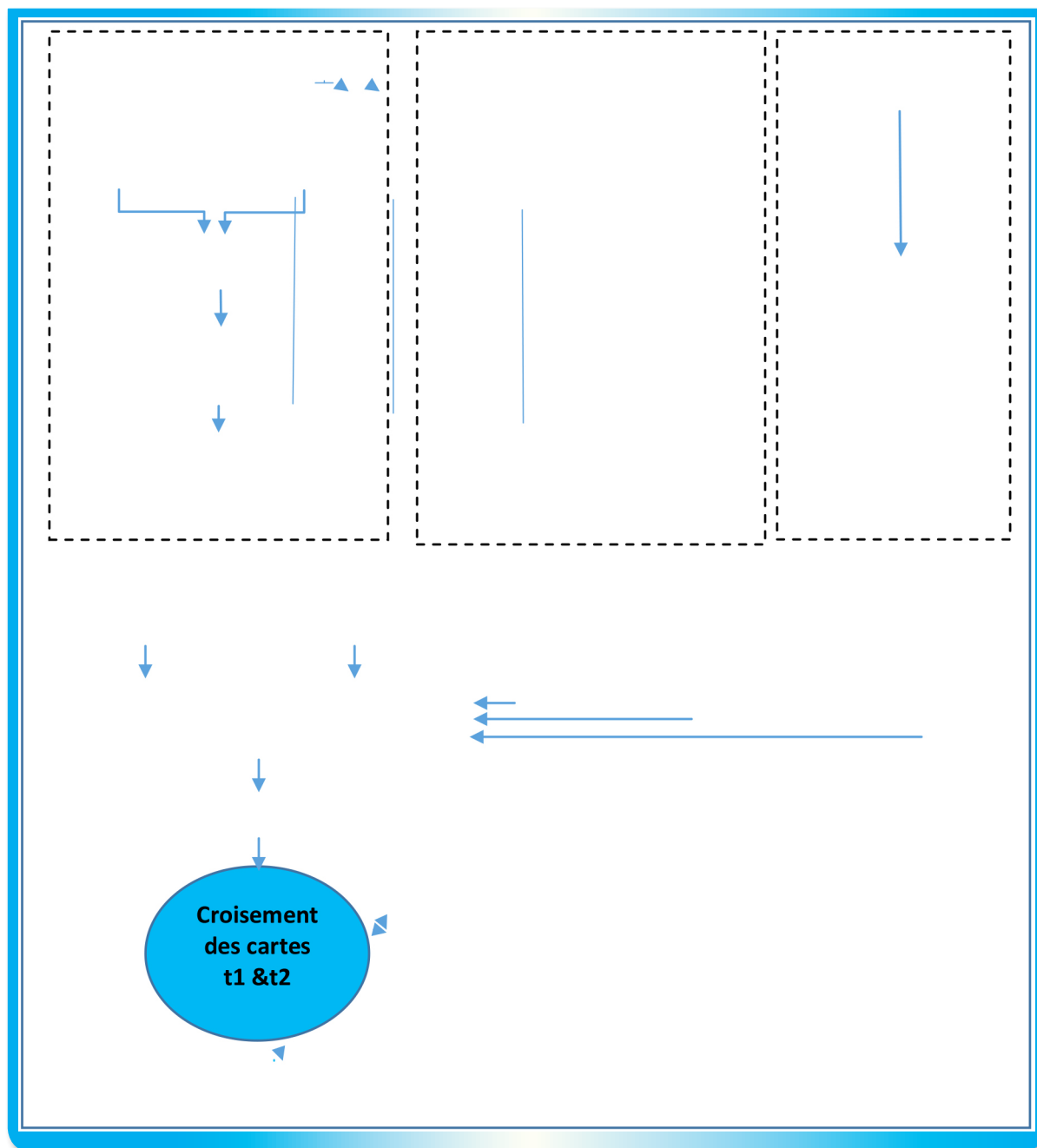


Fig. 2 Approches méthodologiques

## Prétraitements

Cette phase permet de préparer les images pour l'analyse spectrale et l'extraction de l'information. Les opérations de prétraitement effectuées sur les images sont basées sur

l'amélioration du contraste d'un côté, et d'un autre côté sur la correction atmosphérique qui permet de réduire les bruits d'images dus aux atténuations atmosphériques (Nuages, poussière atmosphérique, vent de sable, etc.), (figure 03).

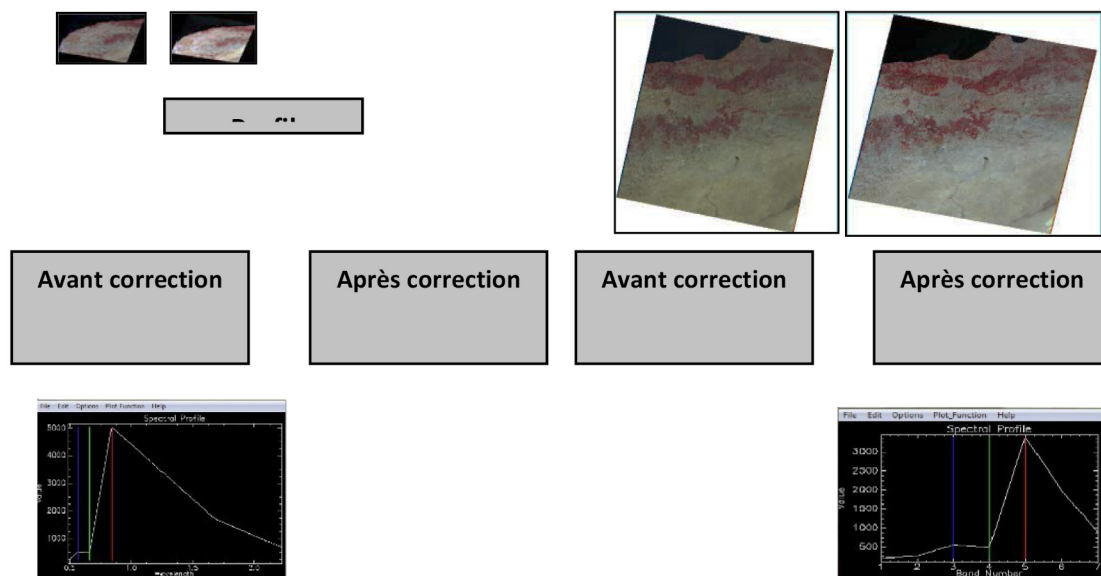


Image Landsat TM5 Année 1987

Fig. 3 Correction Atmosphérique des Images satellitaires

## Extraction de la zone d'étude

Pour l'extraction de la zone d'étude, on a effectué un découpage de type géométrique sur les images grâce à un vecteur fourni par les services des forêts qui limite géographiquement le parc national de Théniet El Had, (figure 04).

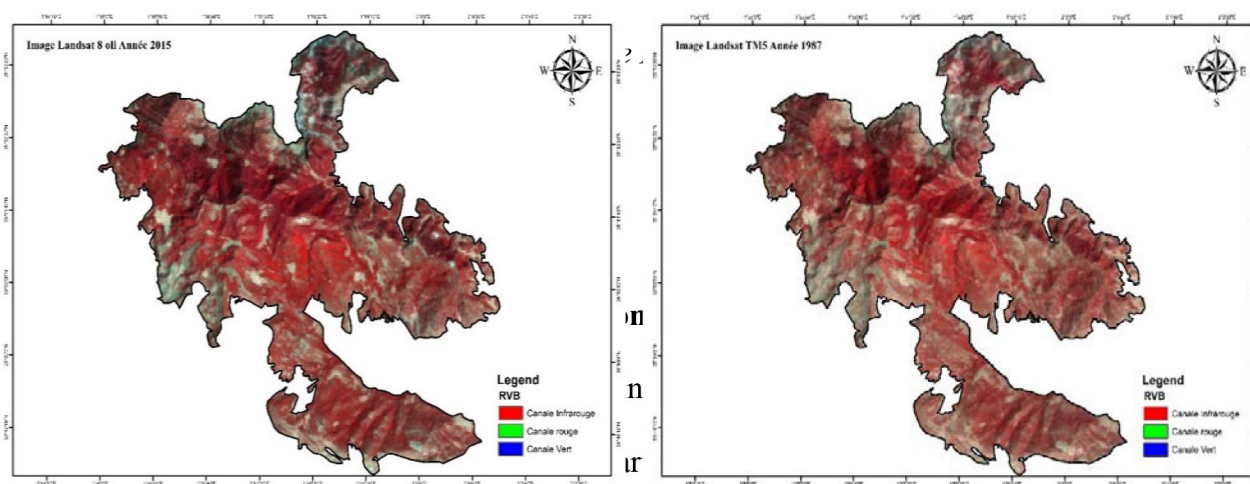


Fig. 4 Extraction de la zone d'étude (image Landsat à gauche Année 1987 à Droite 2015)

## Résultats et analyses

### Classification des images Landsat et détection des changements de la zone d'étude

L'objectif de la classification supervisée est principalement la définition des règles permettant de classer des objets dans des classes à partir de variables qualitatives ou quantitatives caractérisant ces objets. La démarche adoptée consiste à utiliser des images du satellite américain Landsat

TM5 et Landsat 8 Oli à des dates différentes (1987 et 2015). Afin d'effectuer une analyse thématique de ce milieu pour visualiser les changements qui se sont produits dans cette zone. La composition la plus utilisée dans les études Selon (Girard M.C et Girard C.M 1999), (R : Infrarouge ; G : Rouge ; B : Vert) cette composition permet de bien séparer l'eau des autres classes et de différencier la végétation des sols nus.

Les résultats de la classification en utilisant l'algorithme de Maximum de vraisemblance ce dernier suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande sont normalement distribuées et calcule la probabilité qu'un pixel donné appartienne à une classe spécifique, tous les

pixels sont classés. Chaque pixel est affecté à la classe qui a la probabilité la plus élevée (c'est-à-dire la probabilité maximale). La carte de classification pour l'année 1987 avec l'indice de Kappa à 0.65 est représentés dans la (figure 05).

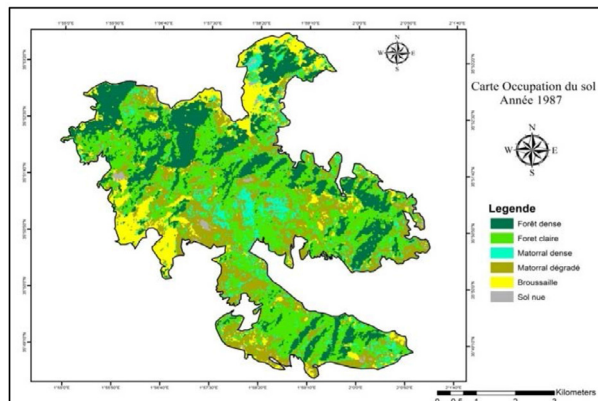


**Fig. 5** Classification de l'image "t1" année 1987

Comme premières interprétations, l'analyse thématique caractérisée par les signatures spectrales nous a permis de classer le couvert végétal en forêt, matorral, broussaille et sol nu, elle nous a aussi permis d'accéder à un autre niveau de cartographie forestière dégagant d'autres classes suivant la densité : forêt dense et claire, matorral dense et dégradé.

Ces résultats montrent que la couverture forestière en 1987 a été assez importante. La classe forêt domine l'espace

géographique du parc national de Theniet El Had, avec une superficie de **(2071.99 ha)** entre forêt dense (**861.36 ha**) et forêt claire (**1210.36 ha**), suivie par la classe matorral estimé à **(1250.42 ha)** répartie entre matorral dense (**328.96 ha**) et matorral dégradé (**921.46 ha**) en troisième position la broussaille avec une superficie de **(470.57 ha)**, et le reste de la surface du parc représente le sol nu, (tableau. 1 & figure 06).

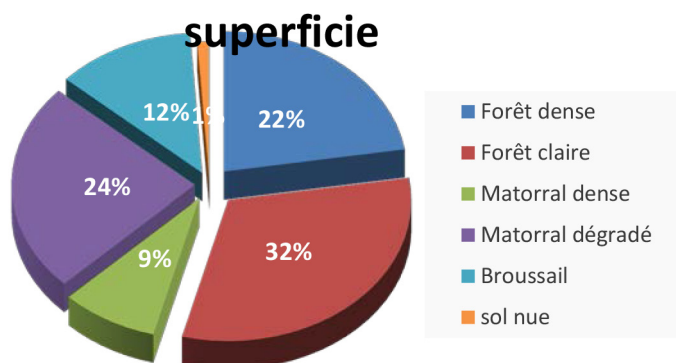


**Fig. 6** Répartition des classes d'occupation du sol par superficie (Année 1987)

**Tab 1.** Superficie des classes d'occupation du sol Année 1987

| Classe occupation du sol | superficie (hectare) | Pourcentage % |
|--------------------------|----------------------|---------------|
| <b>Forêt dense</b>       | 861.36               | 22.47         |
| <b>Forêt claire</b>      | 1210.63              | 31.58         |
| <b>Matorral dense</b>    | 328.96               | 8.58          |
| <b>Matorral dégradé</b>  | 921.46               | 24.03         |
| <b>Broussaille</b>       | 470.57               | 12.27         |
| <b>sol nu</b>            | 40.92                | 1.07          |

Concernant la couverture forestière de l'année 2015 (figure 07), les résultats après la classification de l'image avec l'indice de Kappa à 0.83 montrent une domination importante de la classe forêt claire avec une superficie de (1411.19 ha) suivie du matorral dégradé et dense d'une

superficie de (911.14 ha) et (797.70 ha) respectivement, la broussaille occupe une superficie de (427.11 ha), en cinquième position la forêt dense avec une surface de (217.61 ha) et en fin le sol nu qui s'étend sur (69.12 ha).

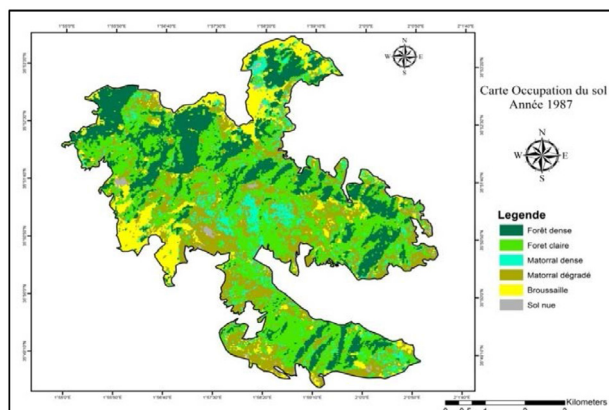


Fig. 7 Classification de l'image " t2" année 2015

Les surfaces des classes d'occupation du sol et leur répartition sont représentées dans le (tableau. 2 & la figure 08).

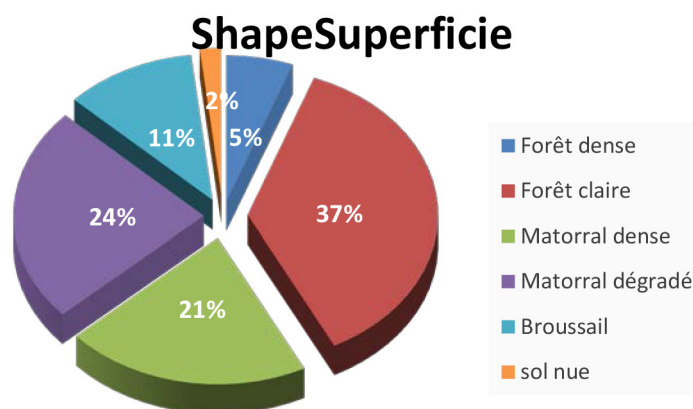


Fig. 8 : Répartition des classes d'occupation du sol Année 2015

Tab 2. Superficie des classes d'occupation du sol Année 2015

| Classe occupation du sol | superficie (hectare) | Pourcentage % |
|--------------------------|----------------------|---------------|
| Forêt dense              | 217.62               | 5.68          |
| Forêt claire             | 1411.20              | 36.81         |
| Matorral dense           | 797.71               | 20.81         |
| Matorral dégradé         | 911.15               | 23.77         |
| Broussaille              | 427.12               | 11.14         |
| Sol nu                   | 69.12                | 1.80          |

Le croisement des classes d'occupation du sol issues de la classification basée sur la vectorisation nous a fourni la carte des types de changements représentée dans la (figure 09).

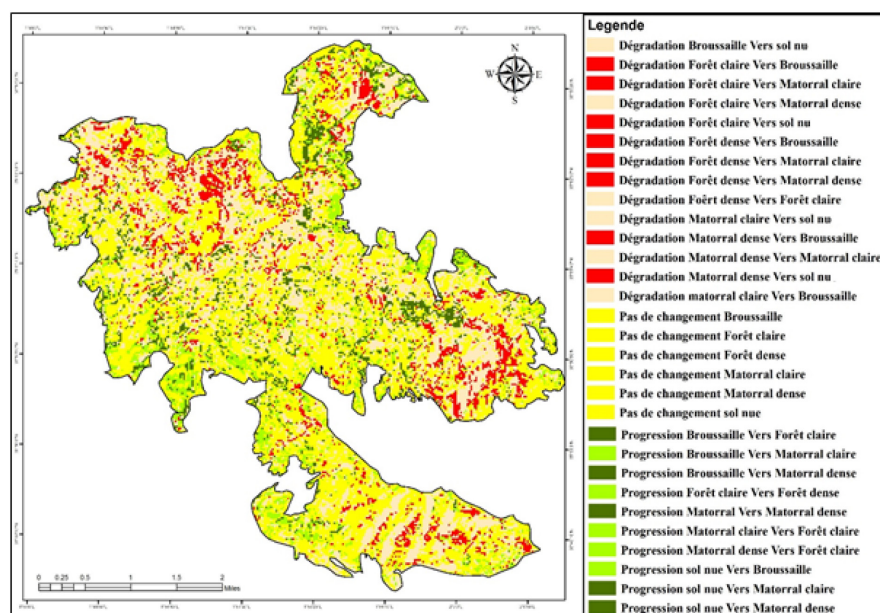


**Fig. 9** Détection des changements du massif forestier du parc national de Theniet El Had entre 1987 -2015

L'analyse des résultats des changements a été effectuée pour l'identification des transformations spatio-temporelles de l'occupation du sol dans le parc national de Theniet El Had.

Le croisement des cartes de classifications a permis de mettre en évidence les trois formes de changement du couvert végétal (progression, dégradation et stabilité) et le comportement dynamique de chaque classe entre 1987- 2015.

On voit clairement, d'après la (figure 09), une stabilité des superficies des classes d'occupation du sol qui représente **45%** de la surface totale des classes (soit **1734.45 ha**), une dégradation de **40%** (soit **1511.37 ha**) et une progression de **15%** (soit **588.09 ha**), (figure 10).

Le changement détaillé de chaque classe est illustré dans le tableau suivant :

**Tab 3.** Types de changements et superficies entre 1987 -2015

| Changement d'occupation du sol                  | Superficie (ha) |
|-------------------------------------------------|-----------------|
| Pas de changement Forêt dense                   | 211.14          |
| Dégradation Forêt dense vers Forêt claire       | 482.42          |
| Dégradation Forêt dense vers Matorral dense     | 134.42          |
| Dégradation Forêt dense vers Matorral claire    | 24.30           |
| Dégradation Forêt dense vers Broussaille        | 9.09            |
| Progression Forêt claire vers Forêt dense       | 6.48            |
| Pas de changement Forêt claire                  | 693.95          |
| Dégradation Forêt claire vers Matorral dense    | 354.03          |
| Dégradation Forêt claire vers Matorral claire   | 148.57          |
| Dégradation Forêt claire vers Broussaille       | 7.15            |
| Dégradation Forêt claire vers sol nu            | 0.45            |
| Progression Matorral dense vers Forêt claire    | 77.31           |
| Pas de changement Matorral dense                | 89.37           |
| Dégradation Matorral dense vers Matorral claire | 147.62          |

|                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| Dégradation Matorral dense vers Broussaille   | 13.84  |
| Dégradation Matorral dense vers sol nu        | 0.82   |
| Progression Matorral claire vers Forêt claire | 114.81 |
| Progression Matorral vers Matorral dense      | 161.94 |
| Pas de changement Matorral claire             | 479.10 |
| Dégradation matorral claire vers Broussaille  | 140.56 |
| Dégradation Matorral claire vers sol nu       | 25.04  |
| Progression Broussaille vers Forêt claire     | 42.70  |
| Progression Broussaille vers Matorral dense   | 57.86  |
| Progression Broussaille vers Matorral claire  | 105.83 |
| Pas de changement Broussaille                 | 241.13 |
| Dégradation Broussaille vers sol nu           | 23.05  |
| Progression sol nu vers Matorral dense        | 0.09   |
| Progression sol nu vers Matorral claire       | 5.73   |
| Progression sol nu vers Broussaille           | 15.34  |
| Pas de changement sol nu                      | 19.76  |

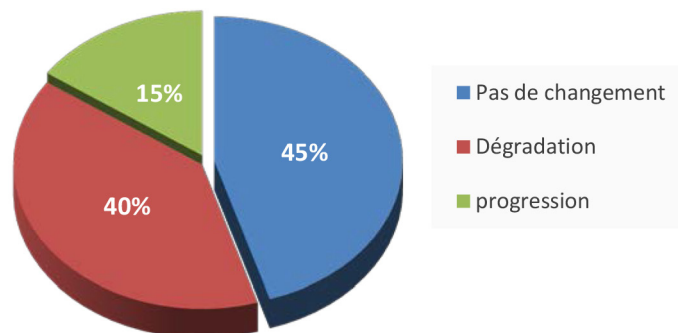


Fig. 10 Répartition des types de changements entre 1987-2015

## Discussions et recommandations

### *Évaluation de la dynamique végétale*

Bien que la pression sur les ressources naturelles ne cesse de s'accroître, des données précises sur la cartographie détaillée, la dynamique de la végétation et sur l'appauvrissement de la biodiversité de certaines aires protégées font encore défaut au Théniet El Had.

L'évaluation a servi à analyser l'évolution des différentes classes d'occupation des terres dans le parc national 1987 et 2015. Le taux d'évolution moyen annuel de chaque

classe d'occupation des terres a été calculé suivant la formule de (Food and Agriculture Organisation, 1990), modifiée par (Puyravaud, 2003) :

$$r = \left( \frac{100}{t_2 - t_1} \right) \times \ln \frac{A_2}{A_1} \quad (1)$$

avec :

r : Taux d'évolution annuel de la classe i.

A1 : Superficie de la classe i au temps t1.

A2 : Superficie de la classe i au temps t2 (figure 11 & tableau. 4).

Tab 4. Évaluation de la dynamique végétale entre 1987 -2015

| Classes occupation du sol | Année 1987(ha) | Année 2015(ha) | Évaluation de la dynamique végétale (ha) |
|---------------------------|----------------|----------------|------------------------------------------|
| Forêt dense               | 861.36         | 217.62         | -2733.571042                             |
| Forêt claire              | 1210.63        | 1411.2         | 304.5985403                              |
| Matorral dense            | 328.96         | 797.71         | 1760.058443                              |
| Matorral dégradé          | 921.46         | 911.15         | -22.35682929                             |
| Broussaille               | 470.57         | 427.12         | -192.495199                              |
| sol nu                    | 40.92          | 69.12          | 1041.609423                              |

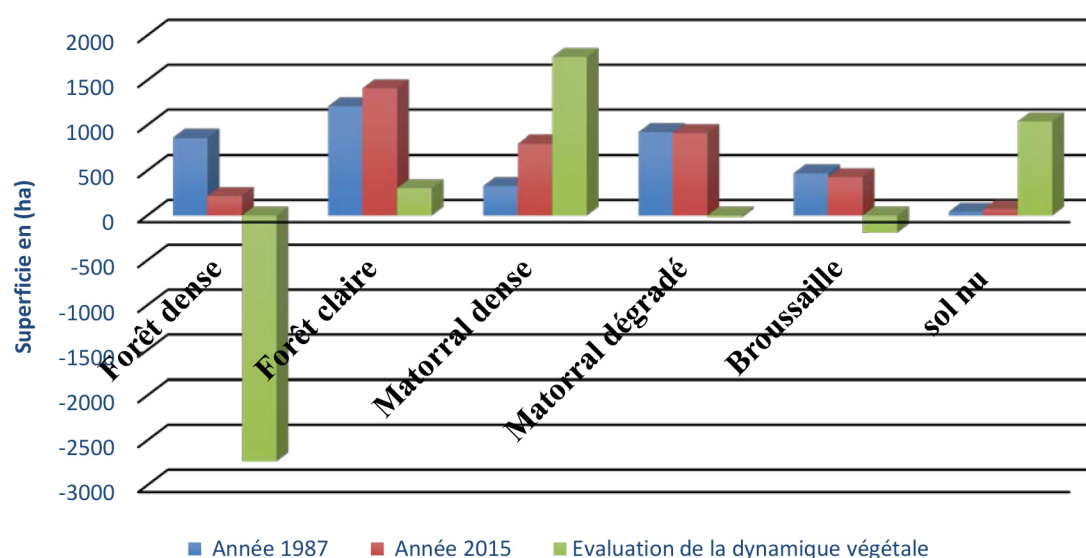


**Fig. 11** Répartition de la dynamique végétale par classes entre 1987-2015

Les résultats obtenus à travers ce travail montrent une progression accélérée de quelques classes et une dégradation accélérée de la couverture végétale du parc national de Theniet El Had entre 1987 et 2015.

Cette étude a permis de cartographier d'une manière très fine les zones de progression accélérées, représentée par l'évolution du couvert végétal de la broussaille vers la forêt

claire et vers le matorral dense, de la classe matorral claire vers la forêt claire et sol nu vers matorral claire et vers matorral dense (figure 11). Ce qui donne espoir à regagner l'équilibre écologique en se basant sur les aménagements déjà réalisés dans ces zones, tel que la lutte contre la chenille processionnaire, les travaux sylvicoles, travaux de reboisement et travaux de restauration des sols.

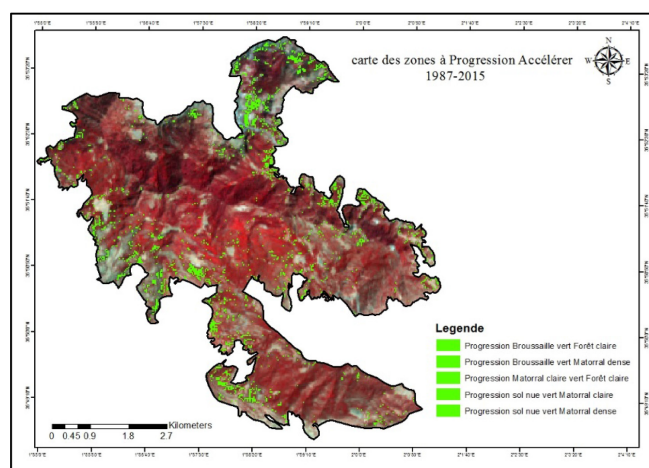


**Fig. 11** Carte des zones à progression accélérer

D'une manière générale, la culture irrationnelle, le défrichement, la collecte excessive du bois de feu, le surpâturage et les incendies sont responsables de plus de 80% des dégradations (Le Houerou, 1993).

La localisation et la quantification des zones à dégradation accélérée qui menace l'écosystème est une préoccupation majeure pour gérer et aménager les écosystèmes subissant des dégradations sévères.

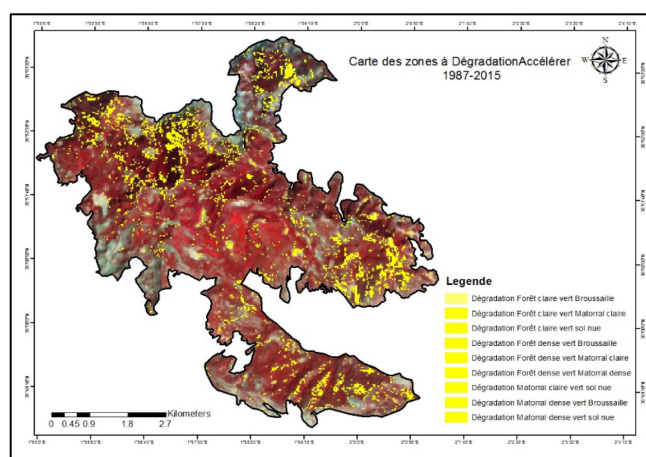


Fig. 12 carte des zones à dégradation accélérée

La (figure 12) montre clairement l'état de dégradation de la forêt claire vers la broussaille, vers le matorral clair et vers le sol nu, celui de la forêt dense vers la broussaille, vers le matorral clair et vers le matorral dense, celui du matorral clair vers le sol nu et en fin celui du matorral dense vers les broussailles et vers le sol nu.

## 2. Conclusion

Les images satellitaires et le système d'information géographique représentent un précieux outil dans l'étude des changements et le comportement de la couverture végétale. L'exploitation des informations fournies par l'outil télédétection permet d'une part, la cartographie des changements spatiaux temporaire des massifs forestiers du parc national de Théniet El Had et d'autre part la vitesse et l'extension de la dégradation et la progression de la couverture végétale.

Notre travail a consisté à mettre en œuvre une nouvelle approche méthodologique dans le but d'identifier les zones des changements, en d'autres termes c'est de mettre en évidence

la dynamique forestière entre 1987 et 2015 en s'appuyant sur de la télédétection.

## Références bibliographiques

- Aafi N., 2007. Etude de la diversité floristique de l'écosystème de chêne-liège de la forêt de la Mamora. Thèse doctorat. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Maroc : 189.
- Benmessoud H., Kalla M. et Driddi H., 2009. Évolution de l'occupation des sols et désertification dans le Sud des Aurès (Algérie). Mappemonde 94: 1-11.
- Boudy P., 1955. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Economie forestière Nord-Africaine. 481 P.
- Bouiadjra S. E. B., El Zerey W., Benabdeli K., 2011. Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas

Résoudre ce problème de dégradation nécessite une mise en place d'un programme d'aménagement et d'intervention pour sauvegarder le patrimoine végétal dans ces zones.

Le parc national de Théniet El Had a subi une forte dégradation, nettement visible dans la carte des changements. Une diminution quantitative mise en évidence, ces transformations témoignent indirectement la fragilité des écosystèmes forestiers.

Mais il faudrait veiller à soutenir les programmes d'aménagement en zones de progression et lancer parallèlement veillent un plan de grande envergure pour gérer et conserver les zones à dégradation brutale.

Cette étude avait pour principal objectif d'améliorer les connaissances sur le phénomène de la dégradation du Parc national de Théniet El Had afin de donner aux gestionnaires des outils d'aide à la décision indispensables à la mise en place pour une politique de gestion durable des aires protégées.

des monts du Tessala (Algérie occidentale). Géographie physique et environnement : 1.

FAO, 2000. L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport FAO, FOSA : 60.

FAO, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Roma.

Girard M.C. & Girard C.M., 1999. Le traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 530 P.

Haddouche I., Mederbal K., Saidi S., 1998. Caractérisation d'une région Steppique par Télédétection cas de la

- Région de Mechria, Algérie, Survival and Sustainability, Part of the series Environmental Earth Sciences : 37-49.
- Le coz j., 1990.* Espaces méditerranéens et dynamiques agraires. État territorial et communautés rurales : 249.
- Le houerou H.N., 1993.* Changements climatiques et désertisation. sècheresse, 4: 95-111.
- Lescomplekt., (1983-1984).* Etudes de mise en valeur des forêts de l'Ouarsenis et projets (Bureau expert bulgare) , 01: 170.
- Loukili M., Bock L., Engels P., Mathieu L., 2000.* Approche géomorpho-pédologique et système d'information géographique (s;g) pour la gestion des terres au Maroc. Étude et gestion des sols, 7 (1) : 39.
- Madani T., Hubert B., Lasseur J. et Guérin G., 2001.* Association des bovins, des ovins et des caprins dans les élevages de la subéraie algérienne. Agricultures : Cahier d'études et de recherches francophones, 10 (1) : 9-18.
- Puyravaud. J. P., 2003.* "Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation", Forest Ecology and Management, 177 (4) : 206-219.
- www.dgf.gov.dz* Direction Générale des Forêts (Algérie).
- http://landsat.usgs.gov.*
-