

## Integration of Geomatics for Monitoring Agro-Sylvo-Pastoral System Dynamics: A case study of Ben Badis, Constantine, Algeria.

### Application de la Géomatique au Suivi de la Dynamique de Système Agro-Sylvo-Pastoral : Cas de la Région de Ben Badis, Constantine, Algérie.



M. GANA<sup>1\*</sup>, MH. BENDARRADJI<sup>1</sup>, D. ALATOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Development and Valorisation of Phyto-Genetics Ressources, Department of Biology and Ecology, University of Frères Mentouri Constantine 25000, Algeria

\*Corresponding author: gana2014.med@gmail.com

**Abstract** – Monitoring changes in land use and land use is becoming increasingly important in the analysis of terrestrial ecosystem dynamics. In this context, the natural and social environment in Algeria has been strongly modified by population growth and climatic hazards in recent decades. This results in changes in land use and a noticeable change in natural vegetation. Remote sensing images are widely used to map land cover and analyze the spatio-temporal dynamics of Agro-Sylvo-Pastoral systems. The present study evaluates Agro-Sylvo-Pastoral System changes between 2001 and 2016, through a directed classification of satellite images, in the region of Ben Badis, Constantine, Algeria.

The results show a change in the natural area with a significant decrease in the area covered by grasslands by 44.35% for crops, and growth of artificial areas by 230%. This study has just shown, on the one hand, the potential of the use of remote sensing and geographical information system (GIS) to analyze spatio-temporal dynamics, from a series of satellite images, D ' on the other hand, the identification and characterization of Agro-Sylvo-Pastoral System changes in order to guide the decisions of the concerned actors towards a better management of the environment.

**Keywords:** Agro-Sylvo-Pastoral, Geomatics, Land cover, GIS, Constantine.

**Résumé-** Le suivi des changements d'occupation et d'utilisation du sol tient une place de plus en plus importante dans l'analyse de la dynamique des écosystèmes terrestre. Dans ce contexte, Le milieu naturel et social en Algérie a été fortement modifié par l'accroissement de la population et les aléas climatiques au cours des dernières décennies. Cela se traduit par des changements dans l'occupation des sols et une modification notable de la végétation naturelle. Les images de télédétection sont largement utilisées pour cartographier l'occupation du sol et analyser la dynamique spatio-temporelle des systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux. La présente étude évalue les changements de Système Agro-Sylvo-Pastoral entre 2001 et 2016, à travers une classification dirigée des images satellites, dans la région de Ben Badis, Constantine, Algérie. Les résultats montrent une modification de l'espace naturel avec une diminution significative des surfaces couvertes par les prairies de 44.35% au profit des cultures, et progression des surfaces artificialisées par 230%. Cette étude vient de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de la télédétection et du système d'information géographique (SIG) pour analyser la dynamique spatio-temporelle, à partir d'une série d'images satellitaires, D'autre part, l'identification et la caractérisation des changements de Système Agro-Sylvo-Pastoral afin d'orienter les décisions des acteurs concernés vers une meilleure gestion de l'environnement.

**Mots clés :** Agro-Sylvo-Pastoral, Géomatique, Occupation du sol, SIG, Constantine.

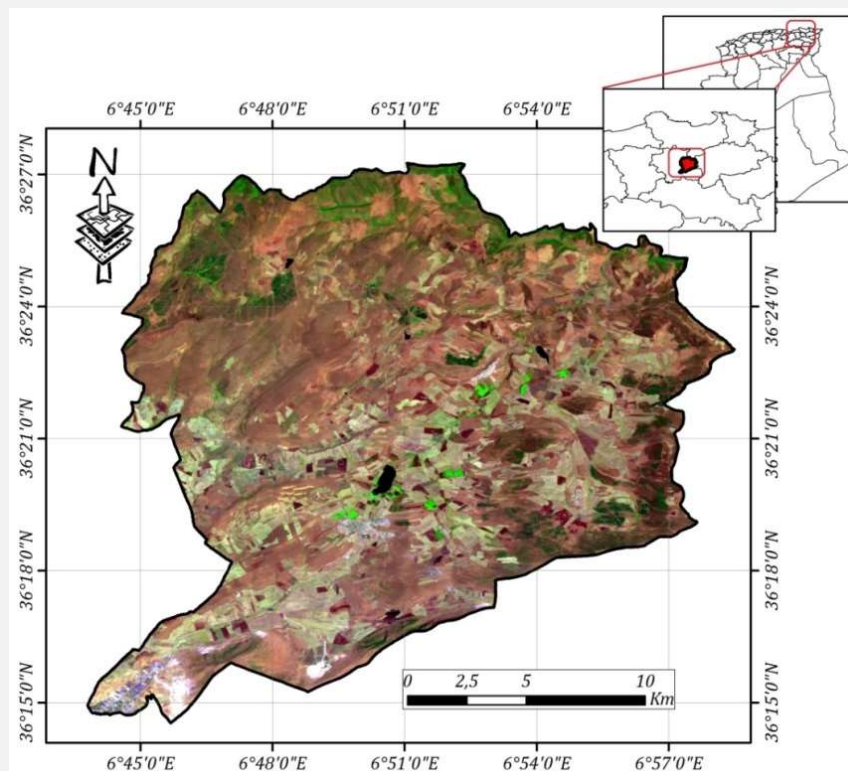
## 1. Introduction

Les forêts méditerranéennes constituent un milieu naturel fragile profondément perturbé par de multiples pressions. Les agressions sont variables en fonction de la démographie et des besoins humains, ce qui a déterminé des phases de progression ou de régression de leurs surfaces (Quézel et Barbéro 1990). La région de Ben Badis, représente un ensemble phytogéographique très remarquable, du point de vue de sa végétation et plus particulièrement de sa végétation forestière. Ces dernières années, l'évolution des ressources naturelles et de leurs modes de gestion a été accompagnée par diverses mutations des systèmes d'exploitation agro-sylvo-pastoraux dans cette région. A cet égard, une cartographie d'occupation des sols fournit des informations importantes pour la compréhension des variations climatiques et pour l'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes dans ce qui est considéré comme un « hot spot » de la biodiversité (Myers et al. 2000 ; Brooks et Smith 2001). Enfin, la cartographie d'occupation des sols constitue une donnée précieuse pour les décideurs et aménageurs locaux (Antoine 2012). Les interactions entre un milieu déjà fragile, la recrudescence des périodes de sécheresses, l'irrégularité des précipitations, l'exploitation irrationnelle des ressources naturelles, et les pressions socio-économiques accrues accentuent la dégradation des écosystèmes. Dans ce contexte, L'étude de la régression de la végétation naturelle et de la Dynamique de Système Agro-Sylvo-Pastoral dans la région de Ben Badis est un sujet qui engendre des questions très pertinentes qui méritent d'être approfondies. Nous tentons de répondre à des questions liées à l'utilisation des outils géomatiques pour la mise en valeur optimal de l'espace : comment peut-on représenter par les outils géomatiques ? Comment identifier et quantifier le changement spatio-temporel par télédétection ? Et quelle est les tendances actuelles d'évolution de système agro-sylvo-pastoral dans la région de Ben Badis. L'approche méthodologique consiste à détecter les changements, à partir de de la classification supervisée des images satellitaires acquises à différentes dates. Ces changements seront identifiés sur une durée de 15 ans entre 2001 et 2016. Une chaîne d'indicateurs de changement sera mise en place pour mesurer l'évolution de manière quantitative.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

La région de Ben Badis, constitue une unité géographique importante, située dans la wilaya de Constantine, nord-est de l'Algérie, Elle est comprise entre 36°14'47" et 36°08" de latitude Nord et entre 6°43'42" et 6°58'22" Est des longitudes (Figure 1). S'étend sur une superficie de 31 543 ha. La commune de Ben Badis est située dans une région montagneuse qui fait partie de l'Atlas tellien. Les altitudes varient entre 870m et 1320m. La plus importante chaîne de montagne est celle de Djebel Oum Settas qui s'étale vers le Sud-Est avec un sommet culminant à 1320m (PDAU 2010). Les reliefs entourant Ben Badis de côte Ouest et Nord-Ouest ont des altitudes de 1000m à 1080m par contre ceux du Nord-Est et de l'Est atteignent 750m à 850m. Les grandes lignes de reliefs sont représentées de façon globale par les massifs calcaires et marno-calcaires dominant les plaines et les vallées. Le climat est de type continental, la température varie entre 25 à 40° en été et de 0 à 12° en hiver, la pluviométrie varie entre 400 et 600 mm par an.



**Figure 1** : Localisation géographique de la région d'étude

## 2.2. Sources des données utilisées

### 2.2.1. Les images satellites

Les données des images satellites sont bien adaptées à la cartographie de couverture du sol des grandes espaces. Dans cette étude nous avons préféré de travailler sur les images ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) de 07 Juillet 2001 et le satellite d'observation européen Sentinel-2A de 21 Juillet 2016.

Les images comportent des bandes dans le spectre visible, ainsi que dans l'infrarouge pour des relevés thermiques. Ces images sont fournies gratuitement par l'Institut des études géologiques américain (USGS) et disponible à la demande sur le site d'internet « [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov) »,

La date de prise de vue des images a été choisie en saison sèche, de manière à éviter une confusion dans la reconnaissance des espèces ligneuses avec les surfaces couvertes par la végétation herbacées (la majorité des cultures comme la céréaliculture durant cette saison sont dépourvu de chlorophylle). De plus, durant la saison sèche le taux de couverture nuageuse est le plus faible, rendant ainsi possible l'acquisition d'image sans nuage.

### 2.2.2. Les images à Très Haute Résolution (Google Earth)

Le lancement de satellites à très haute résolution spatiale comme : Ikonos, Worldview et QuickBird (Les principaux fournisseurs des clichés pour Google Earth) permet de travailler sur des images dont la résolution est au mieux métrique. Ce degré de détail, jamais atteint auparavant, offre un potentiel d'extraction d'autres types d'information, notamment les emplacements des souches, la taille et la répartition des trouées forestières, et la cartographie des zones forestières avec les pistes et les TPF. En outre, il est désormais possible de produire plus rapidement des inventaires forestiers plus précis et plus exacts. De plus, les images Google Earth peuvent être utilisées pour améliorer la qualité de la classification supervisée à partir des échantillons de validation obtenus par photo-interprétation.

### 2.2.3. Les données cartographiques et les plans d'aménagements

Ces documents constituent un corpus de couche d'information qui s'avère d'un intérêt capital pour notre étude. Afin de construire une base de données multi-thèmes, cette étape constitue une phase importante dans la réalisation de ce travail, elle s'est reposée sur la collecte et la synthèse d'informations provenant de sources différentes (photographie aérienne, cartes thématiques, plans, données statistiques...). Ces documents ont été également mosaïqués, géo-référencés, et vectorisés avec le logiciel Arc GIS.

#### **2.2.4. Acquisition de données terrain**

L'utilisation des supports cartographiques engendre des informations incertaines qui ne peuvent être levées que par un renforcement d'observations et de mesures sur terrain. L'acquisition de données de terrain est nécessaire pour réaliser une classification supervisée des images de télédétection afin de générer des cartes précises et affiner notre appréhension des modes d'occupation du sol. La campagne de terrain s'est déroulée entre octobre 2015 et Septembre 2016.

#### **2.3. Classification des images**

Nous avons choisi d'utiliser l'algorithme Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance) pour la classification supervisée sur l'ensemble de la zone d'étude. Cet algorithme nécessite la sélection de parcelles d'entraînement. Il permet de classer les pixels inconnus en calculant pour chacune des classes la probabilité pour que le pixel tombe dans la classe qui a la plus forte probabilité. (Tso et Mather 2009). Si cette valeur d'appartenance est trop faible, le pixel est considéré comme non-classifié ou attribué à une classe inconnue.

Pour éliminer les petits points, nous avons appliqué à l'image classifiée, trois opérations de filtrage à savoir : Sieve classes (pour éliminer les pixels isolés) ; Clump classes (pour homogénéiser les classes) ; Majority-minority analysis (pour lisser les classes après l'opération clump classes).

#### **2.4. Détection du changement**

La détection de changements est : « la procédure d'identification des différences d'état d'un objet ou d'un phénomène en l'observant à des moments différents » (Singh, 1989).

Nous avons choisi la méthode de post-classification, car elle est plus intuitive et plus évidente (Singh, 1989). Ainsi, les classifications sont indépendantes et il y a une réduction des problèmes de calibration atmosphérique et de capteur inter-dates. Les résultats de la classification pour deux dates produisent des cartes qui consignent toutes les possibilités de changements. Les zones de changement principales étaient identifiées de manière fiable par cette méthode (Weismiller et al. 1977).

### **3. Résultats et Discussion**

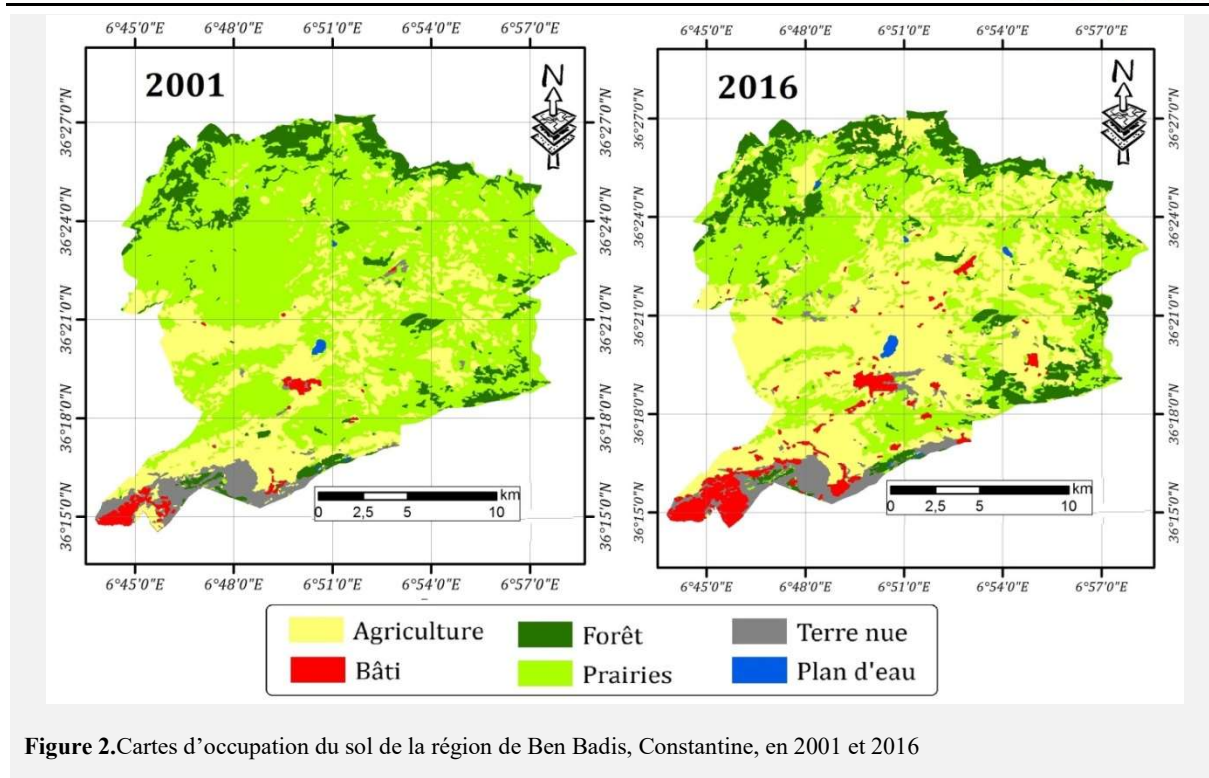
#### **3.1. Résultat de la classification**

Avant d'entamer la procédure de la classification nous avons fait une analyse statistique de séparabilité des différentes parcelles d'entraînement pour l'ensemble des canaux de chaque scène.

On remarque, que la classe de Forêt a une séparabilité parfaite avec la classe d'Agriculture, Bâti, Terre nue, et les Plans d'eau, une moindre mesure avec les Prairies. De plus, pour minimiser la confusion qui est détectée entre les classes concernées et pour identifier les cultures et les prairies (temporaires/permanentes), nous avons utilisé l'NDVI des séries multi-dates de plusieurs images.

Des couleurs ont été attribuées pour représenter plus ou moins la réalité terrain d'une part et différencier visuellement les différentes classes.

La carte d'occupation du sol en 2001 montre une distribution différente de celle de 2016, la figure 2 illustre les résultats obtenus :



**Figure 2.** Cartes d'occupation du sol de la région de Ben Badis, Constantine, en 2001 et 2016

### 3.2. Validation de la classification

La qualité de la classification supervisée est évaluée par des échantillons de validation obtenus par photo-interprétation et de relevés de terrain. Deux indices issus de la matrice de confusion sont souvent utilisés pour la validation de la performance des classifications : la précision globale (la proportion des pixels bien classés calculée en pourcentage) et l'indice de Kappa (le rapport entre le nombre de pixels bien classés et le total des pixels sondés). Les valeurs du coefficient de Kappa estimées dans notre cas sont : 81.34%, et 84.15% respectivement aux années 2001 et 2016 (Tableau 1), sachant que la valeur critique de ce dernier au-delà de laquelle une classification est jugée acceptable est de 75 % (Girard et Girard, 1999), on peut donc dire qu'il y a une très bonne correspondance entre la cartographie issue de la classification de données de la télédétection et les observations de terrain.

**Tableau 1.** Les indices de précisions de la classification des images satellites pour la période : Juillet 2001, et Juillet 2016

Les classes d'occupation du sol	<u>2001</u>		<u>2016</u>	
	précision cartographique (%)	précision thématique (%)	précision cartographique (%)	précision thématique (%)
Agriculture	91	89	94	91
Prairies	85	83	90	89
Forêt	87	85	89	85
Bâti	89	88	89	86
Terre nue	81	83	88	86
Plan d'eau	93	91	93	97
<b>Précision globale</b>	<b>85,75</b>		<b>88,96</b>	
<b>Coefficient de Kappa</b>	<b>81,34</b>		<b>84,15</b>	

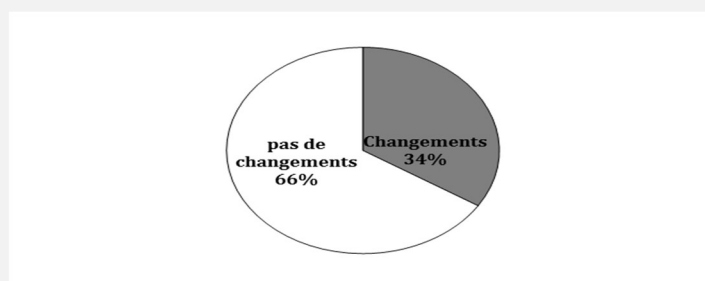
### 3.3. Analyse des changements d'occupation du sol entre 2001 et 2016

L'analyse de la carte des changements (Figure 5) et les tableaux issus par le croisement des cartes d'occupation de sol de 2001 et 2016 (Tableaux 2 et 3), montre une dynamique au niveau des différentes

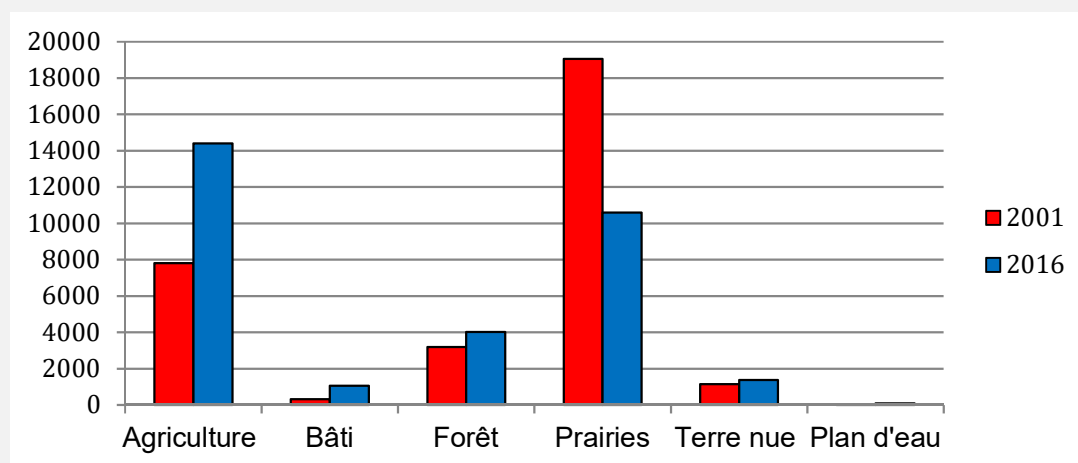
classes thématiques. On constate que 66% de la zone d'étude n'ont pas subi de changements, alors que 34% ont changé de catégorie (Figure 3).

**Tableau 2.** Taux de changement d'occupation du sol entre 2001 et 2016

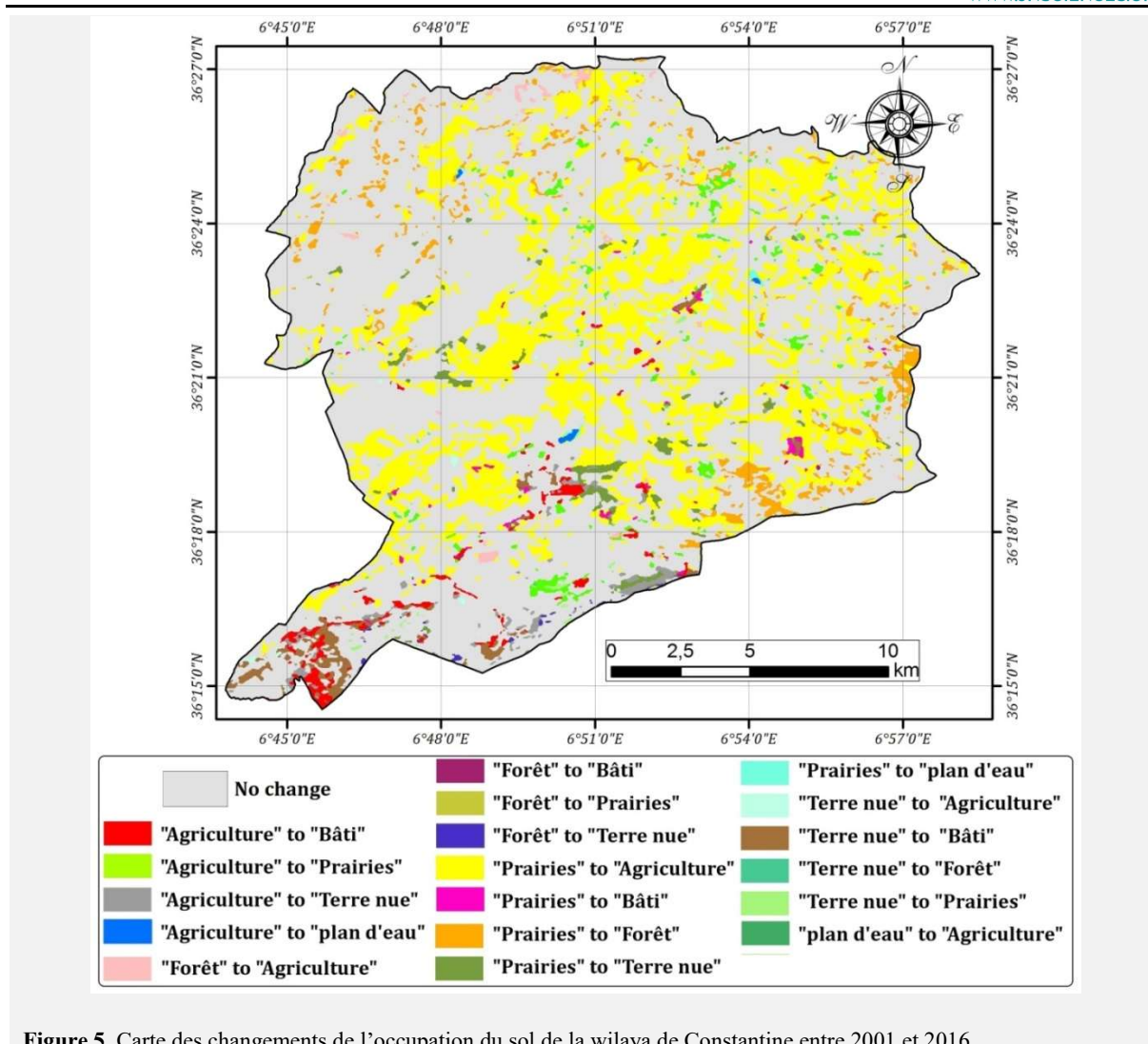
Les classes d'occupation du sol	2001		2016		Taux de variation 2001-2016		Taux de variation annuel moyen	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)/an	(%)/an
<b>Agriculture</b>	7805,7	24,75	14406,51	45,67	6600,8	84,56	440,05	5,63
<b>Bâti</b>	318,92	1,01	1053,45	3,34	734,54	230,32	48,97	15,35
<b>Forêt</b>	3183,67	10,09	4027,94	12,77	844,28	26,52	56,28	1,76
<b>Prairies</b>	19043,39	60,37	10596,63	33,59	-8446,75	-44,35	-563,11	-2,95
<b>Terre nue</b>	1149,12	3,64	1375,94	4,36	226,82	19,73	15,12	1,31
<b>Plan d'eau</b>	42,97	0,14	83,27	0,26	40,29	93,78	2,68	6,25



**Figure 3.** Répartition des changements entre 2001 et 2016



**Figure 4.** Répartition des différents types d'occupation du sol en 2001 et en 2016



La matrice des changements de l'occupation des terres (Tableau 3) permet de distinguer le changement de catégorie des cellules d'occupation des terres. Cette matrice, aussi appelée matrice de transition de l'occupation du sol, révèle les informations suivantes :

**Tableau 3.** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 2001 et 2016 en (ha) et (%)

Les classes d'occupation du sol	2001						Total
	Agriculture	Bâti	Forêt	Prairies	Terre nue	Plan d'eau	
Agriculture	6731.65 (86.24%)	0	162.74 (5.11%)	7459.43 (39.17%)	52.66 (4.58%)	0	14406.48
Bâti	306.64 (3.92%)	318.91 (100%)	10.93 (0.34%)	99.97 (0.52%)	316.98 (27.58%)	0	1053.43
Forêt	0	0	2953.53 (92.77%)	1073.41 (5.63%)	0.99 (0.08%)	0	4027.93
Prairies	502.09 (6.43%)	0	11.58 (0.36%)	10031.11 (52.67%)	51.84 (4.51%)	0	10596.53
Terre nue	246.93 (3.16%)	0	44.85 (1.40%)	357.52 (1.87%)	726.62 (63.23%)	0	1375.92
Plan d'eau	18.37 (0.23%)	0	0.00	21.92 (0.11%)	0	42.97 (100%)	83.26
<b>Total</b>	<b>7805.59</b>	<b>318.91</b>	<b>3183.63</b>	<b>19043.36</b>	<b>1149.09</b>	<b>42.97</b>	<b>31543.55</b>

Les colonnes de la matrice représentent la superficie de chaque classe de l'année 2001 alors que les lignes représentent celle de l'année 2016. L'analyse des matrices nous donne l'évolution spatio-temporelle de changement de l'occupation du sol entre 2001 et 2016 :

- 92.77% (2953.53 ha) des Forêts de 2001 sont demeurés dans cette catégorie en 2016, alors que 7.33% ont changé de catégorie, dont 5.11% (162.74 ha) ont été changés en Agriculture; 1,4% (44.85 ha) en Sols nus et 0,36% en Prairies.
- 10031 ha des Prairies, soit 52.67% de la superficie de cette catégorie, y sont demeurés en 2016, alors que 47,34% ont changé de catégorie, dont 7459.43 ha (39.17%) ont été convertis en Agriculture, 357.52 ha (1.87%) en sols nu, et 1 073.41 ha (5.63%) en Forêt.
- 86.24% de la classe agricole n'ont pas subi de changements, alors que 13.76% ont changé de catégorie, dont 3.92% (306.64 ha) ont été convertis en Bâti; 6.43% (502.09 ha) en Prairies et 3,16% (246.93 ha) en Sols nus.
- La matrice de transition montre aussi que les surfaces artificialisées (Bâti) ont nettement augmenté au détriment des surfaces agricoles (306.64 ha) et des sols nus (316.98 ha).

Globalement, Parmi les unités d'occupation des sols qui ont subi des modifications, on note que les prairies est le plus touché avec 8446,75 ha soit 44.35 % de la superficie occupée en 2001, répartie entre régression ou conversion en culture ou en forêts. Donc, Cette dégradation s'accompagne avec une expansion des superficies des forêts (progression de 844,28 ha entre 2001 et 2016)) grâce aux programmes de reboisement lancés par les services de la conservation des forêts de la wilaya de Constantine.

On constate aussi une forte augmentation des surfaces artificialisées par 230% (de 318,92 ha en 2001 à 1053ha en 2016) au détriment des autres occupations (Agriculture et terre nue). Il s'agit de l'extension des petites agglomérations qui est liée le plus souvent à l'augmentation de la population. Les terres agricoles situées aux alentours des villages sont souvent les plus touchés, Au même temps, les superficies occupées par les cultures ont aussi augmentée avec une valeur assez importante dans les alentours de 46 % soit, (environ 6600ha) de la superficie occupée en 2001, dues à l'adoption des nouvelles stratégies agricole qui vise particulièrement le renforcement de la sécurité alimentaire.

Les sols nus ont subis une progression issue des incendies répétitifs, défrichements, et surpâturage, ils sont passés de 1149,12 ha en 2001 à 1375,94 ha en 2016.

Les plans d'eau sont les éléments d'occupation qui étaient moins soumis aux changements durant cette période (légère progression de 40 ha entre 2001 et 2016), le changement positif de la superficie des plans d'eau est lié à la disponibilité des précipitations et construction des nouvelles retenues collinaires.

#### 4. Conclusion

Cette étude a montré les possibilités d'analyser la dynamique de Système Agro-Sylvo-Pastoral dans La région de Ben Badis par l'utilisation des outils géomatiques pour la caractérisation des paysages et la mise en valeur optimal de l'espace.

Une analyse multi-date couplée aux données cartographiques et aux données de terrain a été faite pour mettre en évidence états de l'occupation du sol afin de discriminer son évolution entre 2001 et 2016. Ces analyses ont été menées essentiellement à partir de classification supervisée et confirmées par des traitements numériques appropriés et des enquêtes de terrain.

L'ensemble des changements de superficies est caractérisé par une dynamique générale de conversion et dégradation de la végétation naturelle (Prairies). De manière générale, l'étude diachronique effectuée permet de constater que le Système Agro-Sylvo-Pastoral de la région de Ben Badis est soumis à une forte pression anthropique qui cause la dégradation de la végétation naturelle.

Et enfin, il serait intéressant d'utiliser des images satellitaires à des résolutions plus élevées pour faire une analyse plus détaillée de cette dynamique afin de mieux discriminer les causes de dégradation.

#### 5. Références

**Antoine C (2012)** Cartographie d'occupation des sols des îles des Petites Antilles. Rapport de Synthèse, pp: 07.

**Brooks T, Smith M.L (2001)** Caribbean Catastrophes. Science 294:1469-1471



- Girard MC, Girard CM (1999)** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, pp 529.
- Myers N, Mittermeier R, Mittermeier C, Da Fonseca G, Kent J (2000)** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:6.
- PDAU (2010)** La révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Commune de Ben Badis, pp 19-30
- Quezel P, Barbero M (1990)** Les forêts méditerranéennes, problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta Bot Malacit* 15:145-178.
- Singh A (1989)** Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int J Remote Sens* 10:989–1003.
- Tso B, Mather P (2009)** Classification methods for remotely sensed data. 1st ed. Boca Raton, Fla : CRC/Taylor & Francis.
- Weismiller RA, Kristof SJ, Scholz DK, Auuta PE, Momin SA (1977)** Change detection in coastal environments. *Photogramm. Eng. Remote Sens* 43:1533-1539.