

ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES ÉCOSYSTEMES FORESTIERS A PIN D'ALEP DE L'AURES ORIENTAL EN ALGERIE

Kenza Garah, Chaouki Chafai¹ et Abdallah Bentouati¹

Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Batna 2, Algérie.

¹Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques, Université de Batna 1, Algérie
K.garah@outlook.com

(Received 25 April 2016 - Accepted 19 May 2016)

RESUME

Garah, K., Chafai, C. et Bentouati, A. Évolution spatio-temporelle des écosystèmes forestiers à pin d'Alep de l'Aurès oriental en Algérie. 2016. Lebanese Science Journal, 17(2): 104-116.

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une caractérisation de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol entre 1987 et 2014 d'une zone forestière située dans l'Aurès oriental. La méthode de comparaison diachronique des images satellitaires Landsat a été adoptée. Les résultats ont permis de révéler une évolution régressive profonde de la forêt aurásienne au cours des 27 dernières années (de 1987 à 2014). Cette régression de la couverture végétale, est localisée essentiellement au niveau des peuplements de pin d'Alep qui prédomine la région d'étude. La dégradation actuelle serait liée conjointement aux changements climatiques récents et amplifiée par l'action anthropique.

Mots-clés: analyse diachronique, Aurès, dynamique des écosystèmes forestiers, télédétection

ABSTRACT

Garah, K., Chafai, C. and Bentouati, A. Évolution spatio-temporelle des écosystèmes forestiers à pin d'Alep de l'Aurès oriental en Algérie. 2016. Lebanese Science Journal, 17(2): 104-116.

The present study falls within the framework of a characterization of the spatiotemporal dynamics of land use between 1987 and 2014 of a forest area located in eastern Aures. The method of diachronic comparison of satellite images was adopted. Results revealed profound regressive changes in aurasian forest during the last 27 years (from 1987 to 2014). This regression of vegetation cover is mainly localized in Aleppo pine forest stands which predominates the study area. The current degradation would be related to recent climate changes which have amplified the regression of certain forest ecosystems of the region.

Keywords: diachronic analysis, Aures, forest ecosystems dynamics, remote sensing

<http://dx.doi.org/10.22453/LSJ-017.2.104116>

National Council for Scientific Research – Lebanon 2016©

lsj.cnrs.edu.lb/vol-17-no-2-2016/

INTRODUCTION

Dans un récent rapport de la FAO en 2013, la quasi-totalité des pays méditerranéens montre un accroissement accru et continu des surfaces forestières estimées à 0.68 % par an. L'Algérie présente exceptionnellement des épisodes de diminution de la couverture végétale, à l'encontre des grands efforts réservés par l'état en matière de protection et d'extension des étendues boisées.

Une évolution régressive est observée dans certains écosystèmes forestiers, on note par exemple les dépérissements des cédraies du Belezma et de l'Aurès qui connaissent un déclin majeur de leurs superficies d'origines ou encore les incendies récurrents des pinèdes qui ont ravagé 35 025 hectares de surface totale boisée par an en Algérie durant la période 1985-2010 (Meddour-Sahar & Derridj, 2012).

Cette dynamique liée probablement en premier lieu aux modifications climatiques est aussi accentuée par les actions anthropiques néfastes et répétées; tels que le défrichement, l'excès de pâturage, l'écimage des arbres a entraîné un déplacement des aires bioclimatiques des espèces (Venetier *et al.*, 2005) et une variation de la structure et de la compositions des écosystèmes.

Pour mieux appréhender cette dynamique, la télédétection compte parmi les outils incontournables, qui présentent un avantage particulier grâce à ses caractéristiques d'observation globale, d'enregistrement et d'analyse.

La mise en œuvre des images satellitaires multitudes, récentes et historiques, acquises par les satellites d'observation de la terre « Landsat » constituent un moyen d'étude privilégiée pour la détection des changements dans le temps et dans l'espace.

Dans cette optique, nous avons jugé utile de mener une étude sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol au niveau des pinèdes naturelles les plus importantes dans les Aurès, au cours des vingt dernières années. Cette analyse est basée essentiellement sur l'observation de cette dynamique à travers des données diachroniques sur une période de 27ans allant de 1987 jusqu'à l'an 2014.

ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est localisée au niveau de l'Aurès oriental partie intégrante de l'Atlas Saharien qui se situe géographiquement au nord-est de l'Algérie. Cette zone est composée essentiellement par deux massifs contigus. La grande pinède des Beni Imloul avec plus de 75.000 hectares (ONTF, 1977) et le massif de Ouled yagoub qui compte 45 000 hectares d'environ (BNEDER, 2010) et qui prolonge les Beni Imloul dans sa partie nord-est.

Les espèces prédominantes sont principalement le cèdre de l'Atlas sur les versants nord et en hautes altitudes et le pin d'Alep en moyennes altitudes. La végétation étant beaucoup plus hétérogène, et plus diversifiée à Ouled Yagoub, qu'à Beni Imloul.

La zone d'étude se caractérise par une grande variabilité tant climatique que topographique. Les paramètres climatiques changent selon l'altitude, l'exposition et la pente.

L'altitude maximale est de 1749 m à Beni Imoul alors qu'elle culmine jusqu' à 2160 m à Ouled Yagoub (Fig. 2).

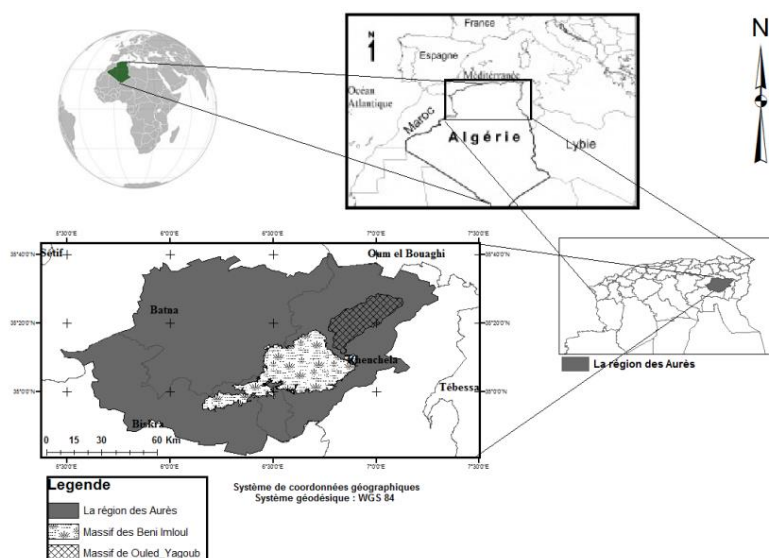


Figure 1. Carte de situation de la zone d'étude.

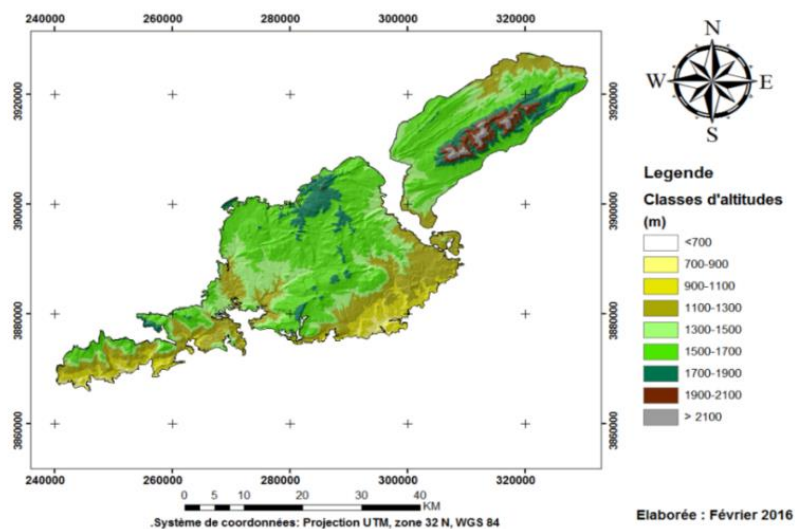


Figure 2. Carte des altitudes de la zone d'étude.

Du fait du relief très contrasté et accidenté, des étages bioclimatiques variant du semi-aride jusqu'à subhumide peuvent y exister. Les précipitations moyennes oscillent entre 11,4 mm (juillet) et 57 mm (mars), avec une moyenne annuelle de 439 mm. La température moyenne allant de 5,8°C (janvier) à 25,8°C (Juillet). Le massif des Beni Imloul étant moins arrosé avec des températures plus élevées que celles de Ouled Yagoub. En moyenne, la zone d'étude se caractérise par une période sèche plus ou moins longue estimée à 5 mois (d'après le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et GausseN) (fig. 3).

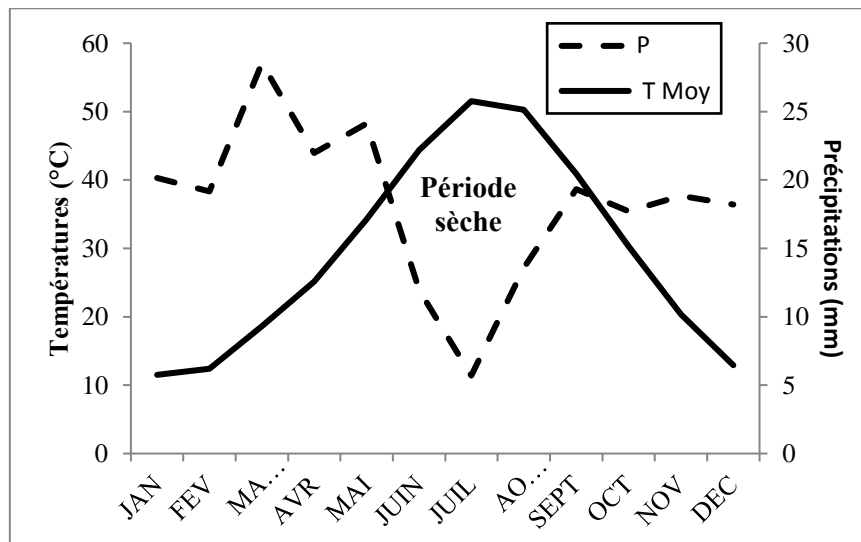


Figure 3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et GausseN pour la zone d'étude.

MATERIEL ET METHODES

L'occupation du sol au niveau des deux pinèdes a été étudiée à partir des images satellitaires Landsat 5 TM et Landsat 8 OLI, avec une résolution spatiale de 30 m. Ces images ont servi à l'étude diachronique des deux massifs forestiers étudiés. Le principe de cette méthode est basé sur la classification des deux scènes acquises à des dates différentes.

C'est la classification dirigée ou supervisée de l'occupation du sol qui a été utilisée sous logiciel ENVI. Par conséquent, les classes ont été déterminées sur la base des caractéristiques spectrales ainsi que les informations récoltées sur le terrain. Ces informations se résument essentiellement dans la description des formations végétales, et la prise de leurs coordonnées géographiques par GPS, ainsi que les photos géo référencées prises au cours des différentes sorties de prospection.

Les étapes du processus méthodologique se résument par l'organigramme visible à la Figure 4.

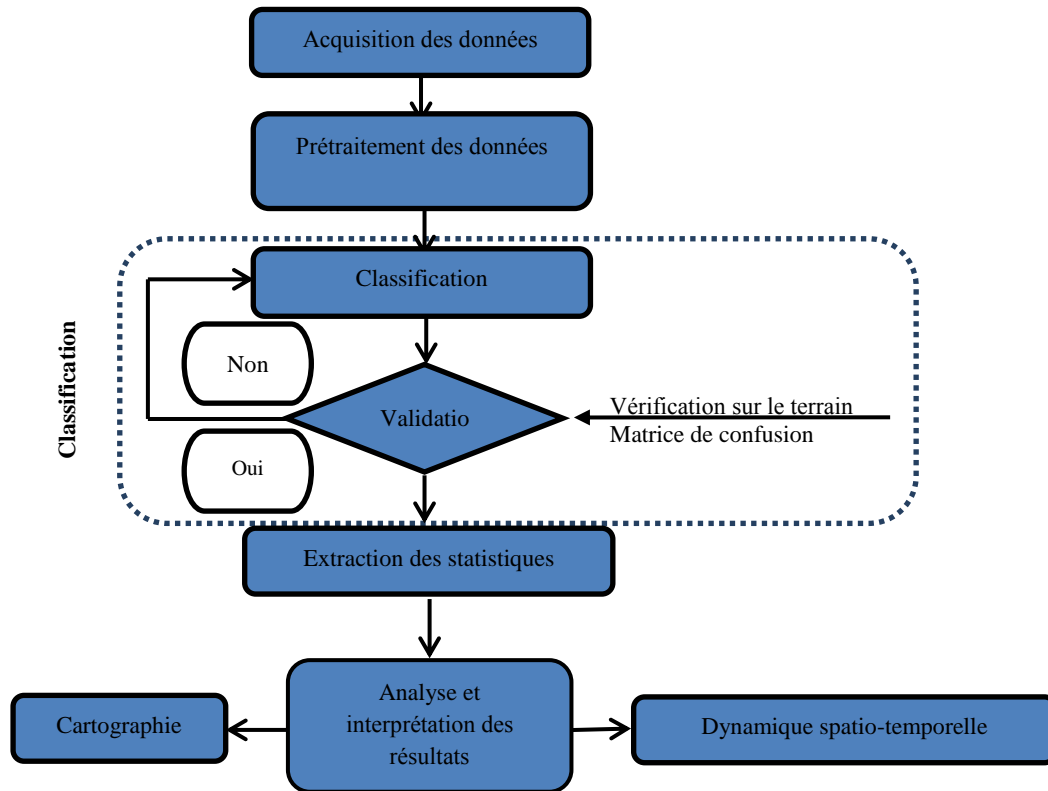


Figure 4. Organigramme de la démarche méthodologique.

RESULTATS ET DISCUSSION

La composition et la structure spatiale de la zone d'étude sont présentées par les cartes (Figs. 5, 6, 8 et 9). En effet, deux cartes de dates différentes (1987 et 2014) ont été élaborées pour chaque massif forestier.

Les résultats de synthèse sont rapportés en chiffres (Tab.1 et 2). Nous avons calculé les taux de changement entre les surfaces des classes d'occupation du sol entre 1987 et 2014. La classification a été évaluée par le biais de la matrice de confusion.

Les précisions globales obtenues sont respectivement de 98 % et 95 % pour l'image 1987 et 2014. De même que pour le massif des Beni Imloul, ces précisions sont de l'ordre 81 % et 80 % pour le massif de Ouled Yagoub. La confirmation de ces résultats par le coefficient Kappa consiste à estimer la qualité de la classification. Ce coefficient est de l'ordre de 0.98 et 0.93 pour le massif des Beni Imloul. De même que pour le massif de Ouled Yagoub, cet indice est évalué à 0.76 et 0.72 pour les années 1987 et 2014.

Massif des Beni Imloul

La classification supervisée des images satellites, du massif des Beni Imloul (Fig. 5 et 6), a permis de calculer les superficies de chaque classe d'occupation du sol et d'évaluer la dynamique spatiotemporelle dans cette pinède (Tab. 1).

TABEAU 1

Dynamique Spatio-Temporelle du Massif des Beni Imloul entre 1987 et 2014

Massif des Beni Imloul	1987		2014		Dynamique	
	Superficie					
Classes	ha	%	ha	%	ha	%
Pin d'Alep	53 075	47.90	35 718	32.23	-17 357	-15.66
Chêne vert	36 019	32.50	30 320	27.36	-5699	-5.14
Végétation herbacée	3275	2.96	21 658	19.54	+18 383	+ 16.59
Arboriculture	25	0.02	104	0.09	+79	+ 0.07
Sol nu	10 836	9.78	12 640	11.41	+1804	+ 1.63
Affleurement rocheux	7582	6.84	10 373	9.36	+2790	+ 2.52

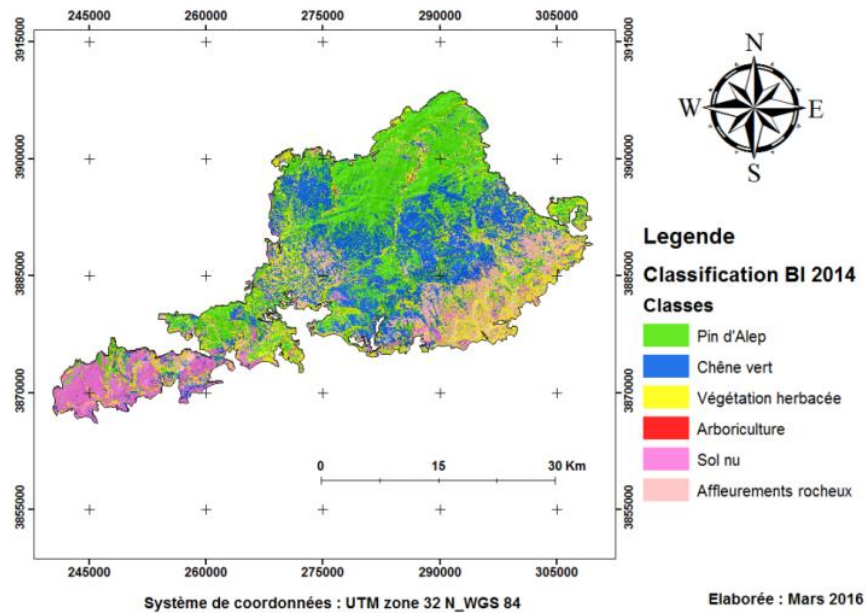


Figure 5. Carte d'occupation du sol du massif des Beni Imloul en 2014.

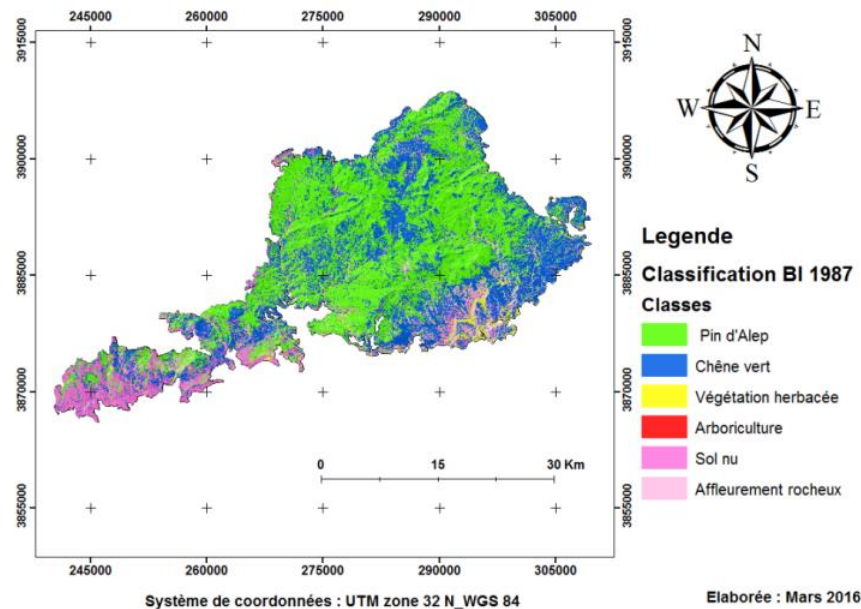


Figure 6. Carte d'occupation du sol du massif de Beni Imloul en 1987.

Au vu des résultats obtenus à partir de l'analyse diachronique, il ressort; une forte régression des formations de pin d'Alep, estimée à 16 % affectant surtout la partie sud à sud-ouest du massif. Tandis que la partie nord est caractérisée par une progression apparente du pin d'Alep. Des surfaces occupées autrefois par le chêne vert et d'autres formations sont maintenant colonisées par le pin d'Alep. Ce changement dans la composition des stations s'est opéré en l'espace de 27 ans entre 1987 et 2014. Cette transformation est liée très probablement à l'efficacité des actions sylvicoles surtout les coupes de régénération pratiquées dans les années 1980. Ces coupes réalisées sur de petites surfaces ont permis de dégager l'étage dominant et de desserrer le peuplement progressivement jusqu'à l'installation de la régénération, qui a été quasiment nulle à cette époque (Abdessemad, 1984).

Il faut signaler aussi que, les pertes d'énormes surfaces de pin d'Alep et d'une importance moindre de chêne vert (5 %) seraient essentiellement dues aux incendies qui constituent le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt. La Figure 7 montre en effet que le massif des Beni Imloul a subi un très grand incendie durant l'été de l'an 2012 qui a ravagé plus de 6000 ha.

Les zones touchées par le feu durant cette période sont en parfaite concordance avec les parties affectées par la régression dans la carte d'occupation du sol élaborée pour l'année 2014 (Fig. 5).

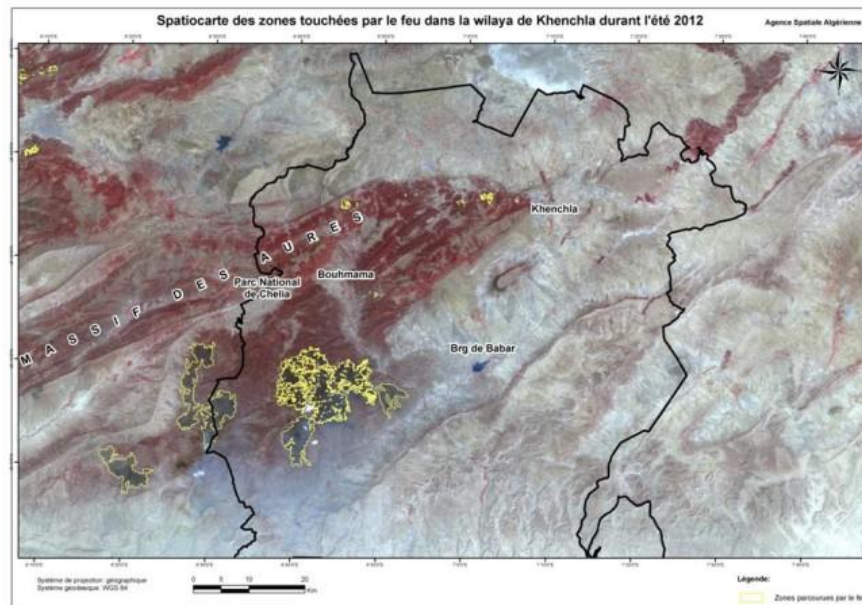


Figure 7. Spatiocarte des zones touchées par le feu dans la wilaya de Khenchela durant l'été 2012 (ASAL, 2013).

La régression enregistrée pour le pin d'Alep et pour le chêne vert, était au profit de la classe de végétation herbacée (17 %) suivie par les affleurements rocheux (3 %), sol nu (2 %), et finalement l'arboriculture (0.07 %).

La progression enregistrée de la classe « végétation herbacée » est extrêmement forte, mais il est à noter que suite à la moyenne résolution spatiale de l'image satellitaire Landsat (30m), la classe de végétation herbacée comporterait également une jeune régénération du pin d'Alep et même des rejets de souches de chêne vert, après les incendies. Donc, il serait judicieux de prendre les mesures nécessaires pour protéger cette régénération, qui va assurer la reconstitution et la pérennité du peuplement.

La dénudation du sol serait due aux défrichements exercés par la population riveraine au profit de la céréaliculture, cette dernière activité est imperceptible sur les images sur lesquelles nous avons travaillé, en raison de leur date d'acquisition qui coïncide avec la fin de la saison estivale, où tous les champs ont été moissonnés.

Les défrichements sont également exercés par la création de vergers d'arbres fruitiers qui se sont multipliés ces dernières années à la limite marginale de la forêt. Toutefois, le taux de 0.07 % ne reflète pas la surface occupée réellement, car les vergers à surface inférieure à 900 m² ne sont pas pris en compte.

La progression dans la classe des affleurements rocheux s'expliquerait par l'érosion importante des sols nus non protégés par le couvert végétal (Berkane & Yahiaou, 2007), mais

aussi par une confusion entre les roches et les bâtisses, qui ont considérablement évolué dans le massif, cela montre l'ampleur de l'effet anthropique qui reste sans conteste un élément caractérisant et dominant de la régression du tapis végétal.

Massif de Ouled Yagoub

Les superficies des différentes classes d'occupation du sol, dans le massif de Ouled Yagoub, issues de la classification supervisée des images satellites couvrant cette zone (Figs. 8 et 9), ont permis d'évaluer la dynamique spatio-temporelle entre 1987 et 2014 (Tableau 2).

TABEAU 2

Dynamique Spatio-Temporelle du Massif de Ouled Yagoub entre 1987 et 2014

Massif de OuledYagoub	1987		2014		Dynamique	
	Superficie					
Classes	ha	%	ha	%	ha	%
Pin d'Alep	21 538	47.05	15 499	33.86	-6039	-13.19
Cèdre de l'Atlas	3350	7.32	1844	4.03	-1506	-3.29
Chêne vert	7723	16.87	9793	21.39	+ 2069	+ 4.52
Frêne dimorphe	2488	5.43	3379	7.38	+ 891	+ 1.95
Zone incendiée	0	0.00	426	0.93	+ 426	+ 0.93
Végétation herbacée	1377	3.01	4163	9.09	+ 2787	+ 6.09
Arboriculture	62	0.14	72	0.16	+ 9	+ 0.02
Sol nu	9239	20.18	10 603	23.16	+ 1363	+ 2.98

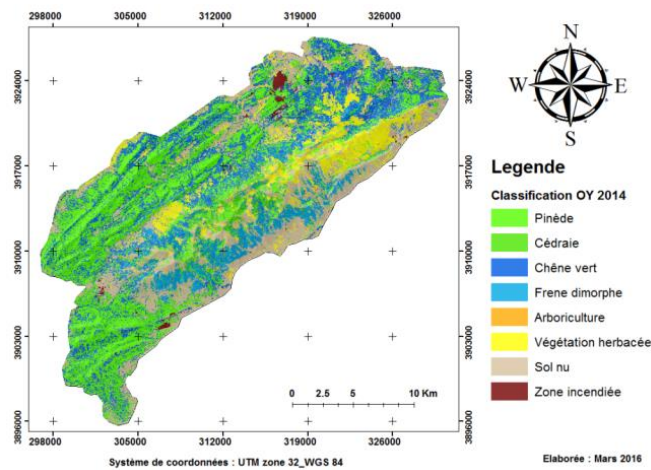


Figure 8. Carte d'occupation du sol du massif de Ouled Yagoub en 2014.

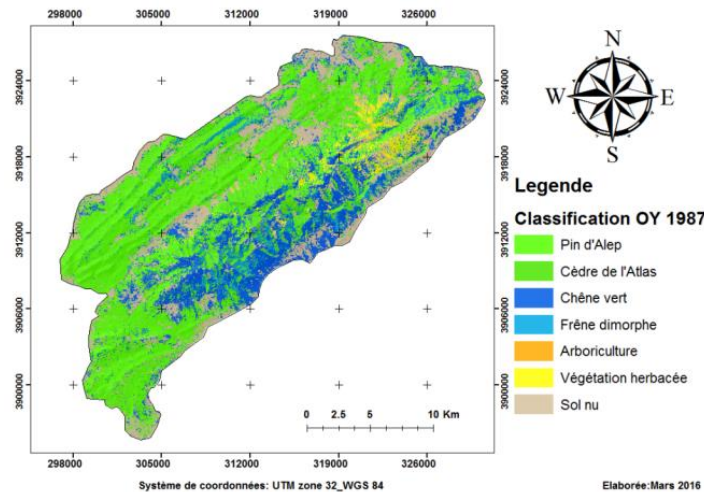


Figure 9. Carte d'occupation du sol du massif de de Ouled Yagoub en 1987.

Pareillement, aux pinèdes du massif des Beni Imloul, la superficie occupée par le pin d'Alep dans le massif de Ouled Yagoub est réduite. Cette régression estimée à 6039 ha soit 13 % serait essentiellement due aux incendies récurrents qui ont récemment touché la pinède. Le dernier incendie avant l'acquisition de l'image en 2014a entraîné à lui seul la perte de 3 % de la surface occupée principalement par le pin d'Alep.

Il est à noter que la superficie occupée par le pin d'Alep en 1987 est entachée d'une légère sous-estimation, qui est due à la confusion inévitable entre le pin et le cèdre, où les réflectances des deux espèces dans l'image satellitaire 1987 sont très rapprochées. Ce qui a entraîné l'apparition de quelques pixels correspondant aux cèdres, en pleines zones occupées par le pin d'Alep.

Quant au cèdre de l'Atlas, celui-ci occupe 3350 ha. Cette superficie est très proche des chiffres rapportés par le BNEF (1984 ; *in* Bentouati, 2008) et le BNEDER (2010), qui ont attribué respectivement 3327 ha et 3415 ha au cèdre dans le massif de Ouled Yagoub. Toutefois une diminution de 3 % soit 1506haa été également enregistrée pour le cèdre de l'Atlas. Les exigences de l'espèce ne lui permettent pas de coloniser les basses et moyennes altitudes situées sur versant sud.

Cependant, ce taux de régression obtenu pour le cèdre de l'Atlas a été déjà prévu par des statistiques qui ont montré une réduction de 400 ha par an dans la région des Aurès (Abdessemed, 1984), et montré par le BNEDER (2010), qui a signalé que les peuplements sains du cèdre de l'Atlas n'occupent que 1713 ha à Ouled Yagoub.

Cette régression antique et continue s'est aggravée par le dépérissement qui a affecté (touché) le cèdre de l'Atlas dans la zone d'étude, à l'instar de toutes les cédraies dans la région des Aurès, depuis 1982 (Bentouati, 2008). Cependant, le dépérissement du cèdre à Ouled

Yagoub, jugé autrefois le moins inquiétant dans la région des Aurès (Abdessemed, 1984) ; par le fait de la situation géographique de la cédraie à l'abri des influences sahariennes, a passé de quelques arbres isolés aux bouquets entiers, de surfaces variables. (Bentouati & Bariteau, 2005; Bentouati, 2008).

Dans quelques stations de la zone étudiée, une autre espèce de moindre importance au nom du frêne dimorphe commence à prendre de l'ampleur aux dépens de l'espèce dominante. Celle-ci a enregistré un accroissement de 2 % de la classe occupée par l'espèce.

Cette progression spectaculaire du frêne dimorphe dans le massif de Ouled Yagoub a été déjà mise en évidence par deux études récentes, Chafai (2016) et Beghami *et al.*, (2012) sur l'occupation du sol dans la zone d'Ouled Yagoub et de Beni Oudjana.

Le taux de progression le plus élevée est de 6 %, correspond à la classe de végétation herbacée, suivi par la classe de chêne vert (5 %).

Selon ces mêmes études, la progression du frêne dimorphe et du chêne vert est essentiellement naturelle. Cette évolution est localisée principalement sur les terrains abandonnés par l'agriculture mais aussi sur les sols nus. Ces deux espèces possèdent un caractère concurrentiel très remarquable. En effet, nous avons remarqué qu'elles s'installent dans les endroits où l'étage dominant occupé par le cèdre de l'Atlas a complètement disparu suite au dépérissement et aux défrichements de la forêt.

La classe d'arboriculture occupe environ 0.02 %. Les activités agricoles dans la zone d'étude sont généralement établies sur de petites parcelles installées en plein maquis ou même en forêt défrichée. La superficie dépasse rarement les 900 m².

Récapitulatif

A travers les résultats obtenus pour les deux massifs étudiés, nous constatons que le patrimoine forestier de la région d'étude a subi un grave recul des superficies boisées. Nos résultats coïncident avec ceux de Benmassaoud *et al.* (2009), ainsi que Bouzekri et Benmassaoud (2014) qui ont travaillé respectivement sur la partie sud-ouest des Aurès et Aurès oriental, en adoptant d'autres combinaisons d'unités d'occupation du sol.

Bien que les causes de dégradation traditionnelles sont multiples (Abdessemed, 1984, 1985 ; Bentouati & Bariteau, 2005; Bentouati, 2008), les feux de forêt récurrents pour la pinède et le dépérissement pour la cédraie constitueraient les causes principales de la dégradation actuelle des massifs étudiés.

Ces causes de dégradation qui se sont classées auparavant rares et non inquiétantes dans les massifs étudiés (Abdessemed, 1984) seraient amplifiées par les probables changements climatiques, ces derniers devraient avoir des effets majeurs dans la région méditerranéenne (Quezel & Médail, 2003).

D'ailleurs, Rigolot (2008) a mis l'accent sur la progression conjointe entre les feux de forêt dans leur nombre et intensité, et les changements climatiques.

D'autre part, en considérant la forêt, un milieu très réactif au climat, Vennetier (2012), a signalé que les changements climatiques pourraient engendrer des dépérissements massifs de forêts en limites basses et sud des aires de répartition des espèces, et le renouvellement naturel n'ayant pas le temps de se produire.

Les deux causes suscitées sont favorisées par la vulnérabilité de la végétation de la région d'étude, par le fait de sa localisation géographique et à l'exposition aux influences sahariennes, qui ont amplifiées les conditions climatiques et ont accentué la période de sécheresse estivale devenue plus longue.

Dans ce contexte, et dans le cadre des effets des changements climatiques dans les pays du sud de la méditerranée, Quezel et Médail (2003) ont affirmé que les structures pré-forestières et pré-steppiques surtout à conifères, entre autres le pin d'Alep, situées dans les lisières sahariennes, sont sujettes d'une destruction progressive, rapide et inéluctable.

D'autre part, la prédominance des essences résineuses facilement inflammables (pin d'Alep) sur des reliefs très accidentés et à forte pente, favorise le déclenchement des incendies et gêne le dispositif d'intervention.

CONCLUSION

En guise de conclusion, la présente étude a permis, grâce à la méthode de comparaison des classifications, la détection et la quantification d'un recul dans le patrimoine forestier Aurasién. Une dégradation qui serait due aux aléas naturels liés essentiellement à la position géographique et bioclimatique de la zone. A cela s'ajoutent les actions anthropiques (défrichements, et coupes illicites à but agricole ou de construction, etc...). Enfin les changements climatiques que connaît la région méditerranéenne seraient aussi responsables de la situation actuelle de ces écosystèmes forestiers si fragiles du semi-aride.

Pour mettre fin aux processus de dégradation intense dont les formations forestières sont l'objet, il faut prendre certaines mesures, dans le cadre d'un aménagement global de la région (Abdessemed, 1985). Cet aménagement doit nécessairement viser d'une part, la protection et l'arrêt de dégradation, la mise en valeur et l'extension du patrimoine forestier, ainsi que l'amélioration des conditions socio-économiques de la population riveraine, d'autre part.

Afin d'atténuer les risques des incendies de forêt dans la région d'étude, l'élaboration d'un système d'alerte aux incendies de forêt fortement conseillé. De même, une analyse sur l'inflammabilité de la végétation et de la combustion est à prendre en priorité pour établir des cartes de sensibilité au feu.

Les résultats obtenus témoignent ainsi de l'utilité d'une approche simple et efficace dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle des massifs forestiers.

REFERENCES

- Abdessemed, K. 1984. Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie), première partie: la dégradation et ses origines et ses conséquences. *Forêt Méditerranéenne*, 6(1): 19-26.

- Abdessemed, K. 1985. Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie), deuxième partie: les mesures à prendre. *Forêt Méditerranéenne*, 7(1): 43-52.
- Alexandrian, D., Rigolot, E. 1992. Sensibilité du pin d'Alep à l'incendie. *Forêt Méditerranéenne*, 13(3): 185-198.
- ASAL. 2013. *Rencontre ASAL-DGF sur la présentation du bilan préliminaire des feux de forêts 2012*. <http://www.asal.dz/>
- Beghami, Y., Kalla, M., Thinon, M. et Benmessaoud, H. 2012. Spatiotemporal dynamics of forest and mountain formations in Aurès area, Algeria. *Journal of Life Sciences*, 6: 663-669.
- Benmessaoud, H., Kalla, M., Driddi, H. 2009. Évolution de l'occupation des sols et désertification dans le sud des Aurès (Algérie). *M@ppemonde*, 94(6): 1-11.
- Bentouati, A., Bariteau, M. 2006. Réflexion sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, 27(4): 317-322.
- Bentouati, A. 2008. La situation du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, 29(2): 203-208.
- BNEDER. 2010. *Etude et expertise sur le dépérissement de la cédraie d'Ouled Yagoub et Chelia — Wilaya de Khenchela, phase II : identification et localisation des foyers de dépérissement*. Octobre 2010.
- Berkane, A., Yahiaou, A. 2007. L'érosion dans les Aurès. *Sécheresse*, 18(3): 213-216.
- Bouzekri, A. et Benmessaoud, H. 2014. Study and diachronic analysis of changes of ground occupation area of oriental Aures Algeria. *Analele Universității Din Oradea, Seria Geografie*, 24(2): 180-189.
- Chafai, C. 2016. *Contribution à l'étude de la dynamique spatiale et de la biomasse du frêne dimorphe dans la cédraie d'Ouled Yagoub W. de Khenchela*. Thèse de Magister en sciences agronomiques, Université de Batna 1, Algérie, 89 pp.
- FAO. 2013. *Etat des forêts méditerranéennes 2013*. <http://www.fao.org/docrep/017/i3226f/i3226f.pdf>
- Mas, J.F. 2000. Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Journal Canadien de Télédétection*, 26(4): 349-362.
- Meddour-Sahar, O. et Derriidj, A. 2012. Bilan des feux de forêts en Algérie : analyse spatio-temporelle et cartographie du risque (période 1985-2010). *Sécheresse*, 23(2): 133-141.
- ONTF 1977. *Inventaire forestier de la forêt de Beni Imloul dans le massif des Aurès – Algérie*. Rapport de la Direction du grand projet Aurès Batna. Projet de mise en valeur Agro-sylvo-industriel des Aures, G.T.Z n° 114.
- Quézel, P. et Médail, F. 2003. Conséquences écologiques possibles des changements climatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. *Bocconea*, 16(1): 397-422.
- Rigolot, E. 2008. Impact du changement climatique sur les feux de forêt. *Forêt Méditerranéenne*, 29(2): 167-176.
- Vennetier, M., Vila, B., Liang, E.Y., Guibal, F., Ripert, C. et Chandioux, O. 2005. Impact du changement climatique sur la productivité forestière et le déplacement d'une limite bioclimatique en région méditerranéenne française. *Ingénieries*, 44: 49 – 61.
- Vennetier, M. 2012. Changement climatique et dépérissements forestiers: causes et conséquences. *Changement Climatique et Modification Forestière*, CNRS, Paris, pp. 50-60.