

Article de recherche

Reçu: 29 Avril 2021/Accepté: 12 Août 2021

La vulnérabilité de la forêt de Khodida (W. Sidi bel Abbas) face aux incendies

M. Ghefar^{1*} ; A. Bouazzaoui²

¹ Division de santé de forêt, Institut national de recherche forestière, Sidi Bel Abbas, Algérie

² Lab. Gestion Conservation de l'eau, sol et forêts, université de Tlemcen, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, département des ressources forestières.

* Auteur correspondant : mohamedghfr@gmail.com

ملخص

أدت التغيرات العالمية المتعلقة بتغيير المناخ والتطور الحضري إلى زيادة مساحة التعرض لحرائق الغابات، مما أدى إلى إطالة مدة موسم الحرائق وزيادة معدل انتشار الحرائق وعدد الحرائق الكبيرة. في هذا البحث، اعتمدنا نموذجًا لمخاطر الحريق يشتمل على ثلاثة معايير تتحكم في سلوك الحريق، طبوغرافية الأرض، قابلية احتراق الغطاء النباتي، والنشاط البشري. أظهر الجمع بين هذه المعلومات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية أن غابة خويدية مهددة بخطر حرائق الغابات، وأن 72% من أراضي الغابات تقع في مناطق عالية وجد عالية الخطورة. **الكلمات المفتاحية:** الحرائق، الخطر، نظم المعلومات الجغرافية، خويدية.

Abstract

The global changes related to the alteration of the landscape, to the urban development have led to an increase in the area of exposure to forest fires, which is conducive to the lengthening of the duration of the fire season and to the increase in the number of extreme fires. In this work we have adopted a fire risk model which involves three parameters controlling fire behavior, the topo-morphology of the land, the combustibility of the vegetation cover and human activity. The combination of these parameters in a GIS environment has shown that the Khodida forest is threatened by the risk of fire, knowing that 72% of the forest area is in the high and very high risk areas.

Key words: Forest fires, GIS; Khodida, Risk.

Résumé

Les changements globaux liés à l'altération du paysage et au développement urbain ont conduit à une augmentation de la zone d'exposition aux feux de forêt, ce qui est propice à l'allongement de la durée de la saison des incendies et à l'augmentation de nombre des feux extrêmes. Dans ce travail nous avons adopté un modèle de risque des incendies qui implique trois paramètres contrôlant le comportement du feu, la topo-morphologie du terrain, la combustibilité du couvert végétal et l'activité humaine. La combinaison de ces paramètres dans un environnement SIG a permis de constater que la forêt de Khodida est menacée par le risque d'incendie, sachant que 72% de la superficie forestière se trouve dans les domaines de risque fort et très fort.

Mots clés: Incendies, Khodida, Risque, SIG.

1. Introduction

Les incendies constituent une menace chronique qui pèse lourdement sur les forêts du bassin méditerranéen causant d'énormes pertes humaines et écologiques (Valette, 1990 ; Mouillot et Field, 2005 ; Trigo et al. 2006). Chaque année, 400 000 ha de forêts et d'espaces naturels sont ravagés par le feu et pas moins de 50 000 départs de feu sont déclarés (Tailleux, 2006). L'Algérie compte parmi les pays les plus touchés avec un cumul de 42 555 feux ravageant une superficie forestière de 910 640 ha durant la période 1985-2010 (Meddour-Sahar & Derridj, 2012).

L'apparition, la fréquence et l'intensité des incendies de forêt sont étroitement liées aux conditions climatiques, à la topo-morphologie, aux caractéristiques de la végétation et aux actions anthropiques (Lorimer & Frelich, 1989 ; Flannigan et al. 2000 ; Dale et al. 2001 ; Aponte et al. 2016). Le climat de la région sud de Sidi bel Abbas est marqué par de longues périodes estivales sèches accompagnées souvent par des vents violents (Mokaddem, 2009). Ces conditions font baisser l'humidité atmosphérique au-dessous de 30% et la teneur en eau de la litière forestière en dessous de 5% accentuant ainsi sa combustibilité. L'abondance du combustible végétal et le caractère accidenté du relief font d'elle une zone à haut risque pour les feux de forêt. Dans cette région, on enregistre le plus important nombre de départs de feux. Une perte d'environ 54 932 ha est enregistrée durant les 20 dernières années (DGF, 2020). L'incendie qui a marqué l'histoire de Sidi bel Abbas est survenu en été 2014 ravageant 16 000 ha dans le massif forestier de la wilaya (DGF, 2014).

La prévention est un moyen de lutte efficace contre les incendies de forêts. Cependant, l'incertitude, la complexité et la diversité des facteurs qui contrôlent le risque d'incendie de forêts font que la prévention par les moyens traditionnels reste insuffisante. D'autres moyens efficaces doivent être considérés comme la cartographie interactive via le SIG et la Télédétection. Dans cette perspective, l'objectif de cette étude est de cartographier les secteurs exposés aux risques d'incendies à travers un modèle qui intègre et organise spatialement des données multi-sources.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Zone d'étude

La forêt de Khodida occupe une superficie de 4226 ha, elle groupe deux cantons Guessaa (2477 ha) et Faid Kaddour (1749 ha) (CFS, 1983). Elle est délimitée par la ville de Télagh sur sa partie Ouest et par la route menant à Saida sur sa partie Est (Figure 1). Le massif forestier de Khodida est caractérisé par un relief accidenté et dont le point culminant de la forêt est de 1070 m (CFS, 1983). Il est caractérisé par un climat semi-aride froid en hiver avec des périodes importantes de gèle et un été chaud, les précipitations sont assez bonnes mais irrégulière.

2.2. Modélisation de l'Indice de Risque (IR)

Pour évaluer le risque d'incendie de la forêt de Khoudida, il est nécessaire de modéliser trois para-

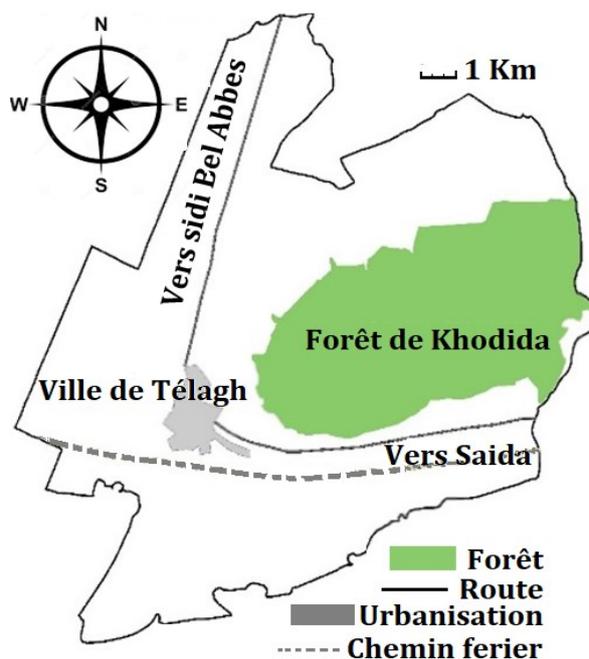


Figure 1. Carte de localisation de la forêt de khodida.

mètres : la végétation (le type), la topographie (la pente) et le paramètre anthropique (distance des habitations). Pour ce faire, des images satellite landsat, des photos aériennes numériques (résolution spatiale de 0,5 m) ainsi qu'un modèle numérique de terrain de la zone d'étude ont été utilisés pour analyser la composition du paysage, délimiter le territoire d'étude, générer la topographie du site. Le logiciel SIG, Arcgis, a été utilisé pour le traitement des données.

Testé sur les massifs forestiers de la région méditerranéenne, le modèle de prédiction des feux de forêt d'[Dagorne et al. \(1994\)](#) (équation 1) fournit des prédictions précises des zones à risque. Ce modèle a été donc choisi pour ce travail.

$$IR = 5.IC + 2.IH + IM \quad (1)$$

Où IR est l'indice de risque de feu de forêt, IC est l'indice de combustibilité, IH représente l'indice d'occupation humaine et IM représente l'indice topo-morphologique.

3. Résultats et discussions

3.1. Cartographie des facteurs de risque d'incendie de la forêt de Khodida

L'analyse des risques selon la pente montre que la forêt de Khodida est située sur des versants accidentés dominés par les classes supérieures à 30° ([Figure 2](#)). Les classes favorables pour un départ de feux représentent 60% dont 30% d'une exposition Sud et 29% d'une exposition Est. En revanche, les expositions des vents dominants (Ouest et Nord) représentent moins de 45 % de la superficie totale ([Figure 3](#)). La combinaison de la pente, l'altitude et l'exposition avec $IM = 3p + (m. e)$ montre que les conditions topo-morphologiques de cette forêt présentent des indices de déclenchement fort et très fort. En effet, 65% de la superficie de la forêt de Khodida se trouve dans des conditions topo-morphologiques très favorables au départ et au développement des incendies ([Figure 4](#)).

En observant les zones brûlées dans la forêt de Khoudida, il est possible d'établir une corrélation entre les facteurs stationnaires et le risque d'incendie. A cet effet, les analyses spatiales et visuelles de l'indice humain permettent d'identifier de petites superficies avec un haut risque de départ de feu. Ceci pourrait être expliqué par les fortes fréquenta-

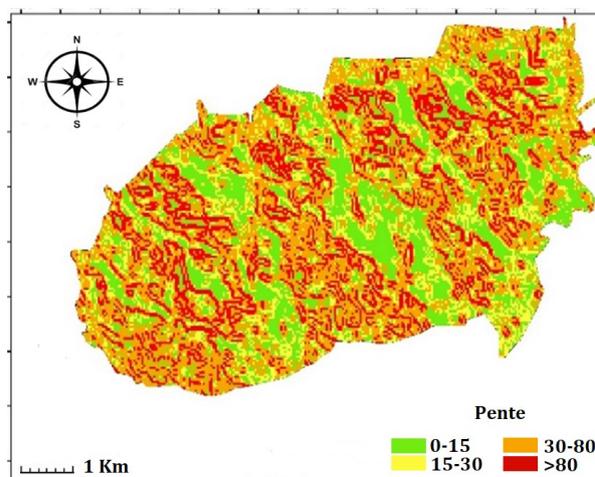


Figure 2. Carte des pentes.

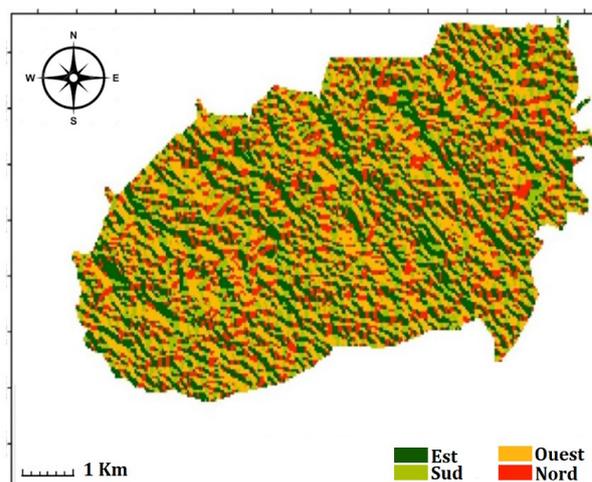


Figure 3. Carte de l'exposition.

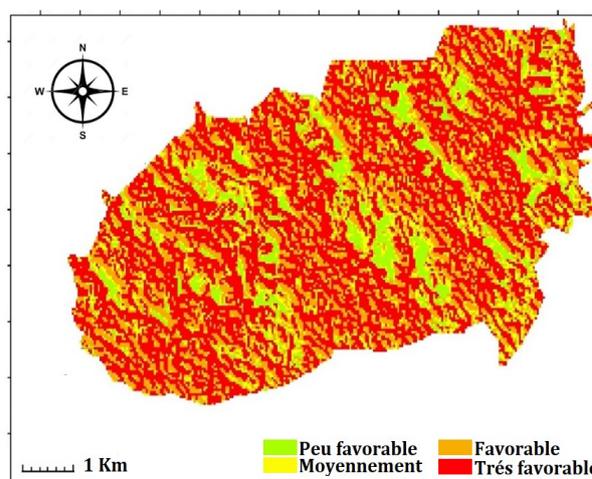


Figure 4. Carte de l'indice Topo-morphologique.

tions humaines de ces superficies ainsi qu'au faible réseau routier implanté en forêt.

La répartition spatiale du combustible et les espèces végétales dominantes compte parmi les facteurs influençant l'apparition de l'incendie (Trabaud & Lepart, 1980). Pour estimer le risque potentiel d'un feu démarrant, l'Indice de Combustibilité (IC) est calculé selon l'équation 2 (Mariel, 1995).

$$IC = 39 + 2,3BV ((E1+E2)-7,18) \quad (2)$$

Où BV est le biovolume de la formation végétale : c'est le pourcentage du recouvrement de chacune des quatre strates de végétation (ligneux haut, ligneux bas, herbacées, litière) ; E1 représente les notes de combustibilité pour les ligneux hauts et E2 les ligneux bas ou les herbacées.

Selon le Tableau 1, *Pinus halepensis* est l'essence dominante dans la forêt de Khodida. Elle couvre une superficie de 70%, sa répartition spatiale est liée aux conditions géographiques et bioclimatiques de la région. Les autres essences appartenant à cette strate sont le genévrier (*Juniperus sp*) et le chêne (*Quercus ilex*, *Q. coccifera*). Les formations ligneuses basses viennent en deuxième position dans l'ordre de classement et de distribution des strates de combustible dans cette forêt. Il s'agit essentiellement d'espèces existantes à l'état arbuste (*Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*) ainsi qu'une multitude d'autres espèces comme les *Cistus sp*. La strate herbacée est constituée principale-

ment par des espèces non ligneuses annuelles ou vivaces, ce sont des graminées (*Ampelodesmos sp*) et des espèces xériques.

La Figure 5 montre que plus de 70% de la superficie de la forêt de Khodida, principalement sa périphérie, présente un indice de combustibilité élevé. Par ailleurs, sa superficie interne (30%) présente un indice de combustibilité modéré.

3.2. Validation

La superposition de trois facteurs : la topomorphologie, la combustion des espèces végétales et l'anthropisation, a permis d'obtenir une carte thématique du risque d'incendie dans la forêt de Khodida (Figure 6). Chaque facteur est caractérisé par un indice de pondération variable en fonction de son impact sur le risque d'incendie. Les conditions topo-morphologiques de cette forêt sont favorables avec un indice de combustibilité fort et très fort ainsi qu'un enjeu anthropique très considérable. Cette carte nous permet ainsi de mieux comprendre les conditions d'éclosion du feu et de sa propagation.

Le Tableau 2 montre que la forêt de Khodida est menacée par le risque d'incendie, sachant que 72% du domaine forestier se trouve dans les domaines de risque fort et très fort, ces deux classes occupent tout la partie Sud ainsi que le Nord-Est, et le domaine du risque faible ne représente que 3 %, par ailleurs le risque moyen occupent le reste 25% du domaine forestier.

Tableau 1. Notes de combustible des principales espèces dominantes de la forêt de khodida.

BV*	Parcelle					
	01	02	03	04	05	06
L haut	25	5	30	15	5	15
L bas	10	21	7	17	30	18
Herbe	22	30	12	23	32	17
Litière	25	18	25	20	10	14
E1	<i>Pinus halepensis</i> <i>Quercus ilex</i>	<i>P. halepensis</i> <i>Pistacia lentiscus</i>	<i>P. halepensis</i> <i>Juniperus sp</i> <i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>P. halepensis</i> <i>P. lentiscus</i>
E2	<i>Lygeum spartum</i> <i>Calicotome sp</i>	<i>Chamaerops humilis</i> <i>Ampelodesmos sp</i>	<i>Cistus sp</i> <i>Calicotome sp</i>	<i>Cistus sp</i> <i>Calicotome sp</i> <i>Quercus coccifera</i>	<i>Stipa tenacissima</i> <i>L. spartum</i>	<i>L. spartum</i>

*BV: biovolume

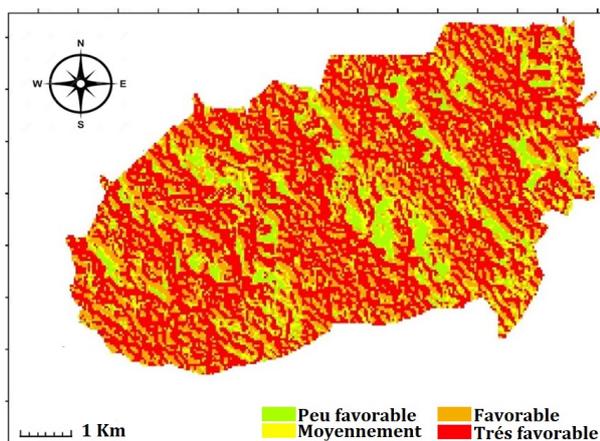


Figure 5. Carte de l'indice de combustibilité.

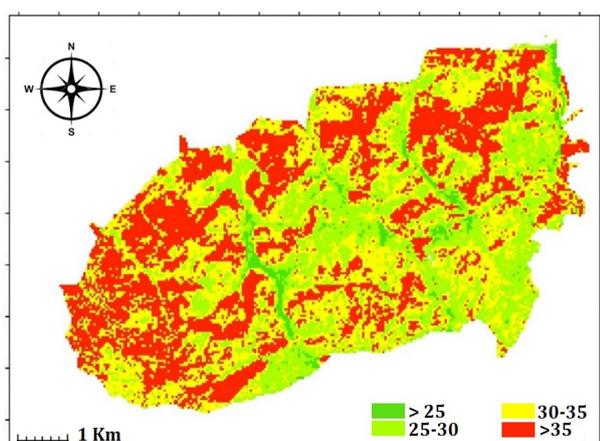


Figure 6. Carte de risque des incendies de la forêt de Khodida.

Pour valider ce modèle, une comparaison a été faite entre la carte synthétique de risque de feu et les départs de feu enregistrés entre 2010 et 2020 par la conservation des forêts. Cette comparaison permet de prouver les résultats de l'analyse et fournir un élément d'évaluation sur les limites de l'indice IR à partir de l'archive des incendies.

La carte de valorisation de l'indice de risque et les statistiques des feux ont permis de constater que la majorité des incendies de forêt cartographiés et déclarés sont produits dans les zones à risque fort et très fort et les feux qui se sont déclarés dans les zones faibles ont été limités dans l'espace et dans le temps, ces observations valident à 80% les prédictions de notre modèle.

Selon les résultats de l'indice de risque, les rapports et les statistiques des incendies de la forêt de

Tableau 2. Classe de l'indice de feu de forêts de la forêt de Khodida.

Classe d'IR	Signification	Pourcentage
IR >25	Risque faible	2,98
25 < IR >30	Risque moyen	25,02
30 < IR >35	Risque fort	35,70
IR >35	Risque très fort	36,30

Khodida, les principaux feux sont dus à une utilisation inappropriée et négligente du feu dans l'agriculture et au manque de culture environnementale. De plus, les pasteurs brûlent les broussailles, pour favoriser la repousse d'une nouvelle végétation herbacée pour leur cheptel.

4. Conclusion

Les facteurs des incendies de forêt dans la région sont pratiquement invariables dans le temps, car, dans la majorité des cas, ils sont principalement liés aux pratiques locales. Le feu est un outil culturel utilisé dans toutes les sociétés rurales traditionnelles à des fins multiples, y compris la gestion des terres. Son usage abusif et imprudent pour la gestion de la forêt méditerranéenne présente de graves problèmes sociaux et territoriaux pour le système forestier (Meddour-Sahar et al. 2014).

En cartographiant le risque des incendies, on informe mieux les pouvoirs publics et les habitants des risques auxquels ils sont exposés. De plus, on améliore la surveillance et les infrastructures pour la prévention et la lutte.

Références

- Aponte, C., de Groot, W.J., & Wotton, B.M. (2016). Forest fires and climate change: causes, consequences and management options. *International Journal of Wildland Fire*, 25(8), i-ii.
- CFS. (1983). Guide d'aménagement de la forêt de Khodida. Conservation des forêts de la wilaya de Sidi Bel Abbès. 75 pp.
- Dagrone, A., Duché, Y., Castex, J.M., & Ottavi, J.Y. (1994). Protection des forêts contre l'incendie et système d'information géographique. *Forêts méditerranéennes*, 15(4), 422-425.

- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., ... & Wotton, B. M. (2001). Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51 (9), 723-734.
- DGF. (2014). Situation des forêts algériennes vis-à-vis les incendies et les feux de forêt. Direction générale des forêts, Algérie.
- DGF. (2020). Rapport annuel sur les incendies des forêts, Direction générale des forêts, Algérie.
- Flannigan, M.D., Stocks, B.J., & Wotton, B.M. (2000). Climate change and forest fires. *Science of the total environment*, 262(3), 221-229.
- Lorimer, C.G., & Frelich, L.E. (1989). A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 19(5), 651-663.
- Mariel, A. (1995). Cartographie du niveau de risque d'incendie: exemple du massif des Maures. CEMA-GREF.
- Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2012). Bilan des feux de forêt en Algérie : analyse spatio-temporelle et cartographie du risque (période 1985-2010). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 23(2), 133-141.
- Meddour-Sahar, O., Meddour, R., Leone, V., & Derridj, A. (2014). Motifs des incendies de forêt en Algérie : analyse comparée des dires d'experts de la Protection Civile et des Forestiers par la méthode Delphi. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 3(14).
- Mokaddem, Y. (2009). Contribution à l'analyse de l'évolution des incendies des forêts. Cas de la wilaya de Sidi Bel Abbès. Mémoire de fin d'étude pour obtenir diplôme de l'ingénieur option Pathologie des écosystèmes. The de Doctorat, Université de SBA.
- Mouillot, F., Field, C.B. (2005). Fire history and the global carbon budget: a 1x 1 fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology*, (11), 398-420.
- Tailleux, C. (2006). Cemagref, UR Ecosystèmes Méditerranéens et Risques. Info DFCI, Bulletin du Centre de Documentation « Forêt Méditerranéenne et Incendie », (57), 8 p.
- Trabaud, L., & Lepart, J. (1980). Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43(1), 49-57.
- Trigo, R.M., Pereira, J.M.C., Pereira, M.G., Mota, B., Calado, M.T., DaCamara, C.C., Santo, F.E. (2006). The exceptional fire season of summer 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology*, (26), 1741-1757.
- Valette, J.C. (1990). Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. *Revue forestière française*. n° spécial (XLII), 76-92.