

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلم
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم البيولوجيا

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Filière « Ecologie et Environnement »

Mémoire de Fin d'Etudes

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

« Toxicologie Industrielle et Environnementale »

THÈME

**Contribution à l'étude de la végétation
post-incendie, cas de la région d'EL-kala**

Soutenu le : 23/06/2024

Présenté par : Mlle Ati Fatma

Mlle Salmi Roufaïda

Devant le jury composé de :

Pr. BOUTABIA Lamia	(Pr.)	Président	Université Chadli Bendjedid El Tarf
Dr. AOUADI Abdallah	(MCB)	Examineur	Université Chadli Bendjedid El Tarf
Pr. TELAILIA Salah	(Pr.)	Promoteur	Université Chadli Bendjedid El Tar

Année universitaire : 2023 - 2024

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص.ب رقم 73 الطارف- الجزائر

Université Chadli Bendjedid d'El Tarf .PB :73, EL TARG 3600 Algérie

Téléphone : +213 38 30 18 93 /09.43/ FAX : +213 38.30.15.28

<http://www.univ-eltarf.dz>



Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu, notre Créateur, qui nous a donné la force et le courage de réaliser ce travail.

*Nous remercions le professeur **TELAILIA Salah**, d'avoir supervisé ce travail et d'avoir pris le temps de nous donner des conseils. Nous remercions également les membres du jury, le Professeur **BOUTABIA Lamia** pour avoir accepté de présider le comité, **Dr. AOUADI Abdallah** pour avoir eu l'amabilité d'examiner notre travail.*

❖ *La famille, que Dieu lui accorde santé et longévité.*

❖ *Nos amis*

❖ *A vous, chers lecteurs*

❖ *Et merci à tous*



Dédicaces

Merci et gratitude pour le début et la fin.

- Au symbole du don et du sacrifice, mon idole, celui qui transpire sur son front et qui m'a appris que le succès ne peut venir qu'avec de la patience. À la lampe qui ne s'éteint jamais dans mon cœur, celui de qui je tire ma force et mon estime de soi, « mon cher père ».*
- À celle qui m'a facilité la tâche par ses prières, à la grande personne qui a toujours souhaité me voir un jour comme celui-ci, « ma chère maman ».*
- À celle qui a été ma compagne de tous les instants, la prunelle de mes yeux et la sécurité de mes jours, à celle qui a été ma boussole dans mon labyrinthe, « ma sœur unique ».*
- Aux amis des années et aux amis de l'adversité et de la crise.*

Roufaida

Dédicaces

الحمد لله

Je dédie ce travail à mes parents, mes frères et sœurs, mes proches, mes amis et toute ma promotion TIE (2023 /2024)

Je dédie ce travail à tous ceux qui m'ont aidé à le réaliser et à tous ceux qui m'ont aidé tout au long de mon parcours universitaire.

Fatma

Table des matières

Table des matières	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
ملخص	IV
Résumé	V
Abstract	VI
Introduction générale	I
Introduction	1
Objectif d'étude	2
Transfert de chaleur	5
Conduction	5
Le rayonnement thermique	5
La convection	6
Les types de feu	7
Régime du feu	8
Incendie de forêt.....	8
Dans le monde	8
Dans la wilaya d'El Tarf	13
Les facteurs biophysiques qui déterminent les incendies de forêt.....	14
Téledétection	15
Outil de la téledétection.....	16
Principes de la téledétection	16
Chêne liège <i>Quercus suber</i>	18
Chêne liège <i>Quercus suber</i>	19
Répartition géographique.....	19
Description botanique	21
Conclusion	25
Conclusion	25
Références bibliographique.....	28
Références bibliographiques.....	28

Liste des figures

Numéro	Titre	page
Figure 1	Géométrie de la flamme (Colin & Jappiot, 2001)	6
Figure 2	Modes de transfert de la chaleur (Colin & Jappiot, 2001)	6
Figure 3	Types des feux de forêt (Colin & Jappiot, 2001)	7
Figure 4	. Top 10 des pays les plus touchés par le feu de forêt	9
Figure 5	.Top 10 des pays les plus touchés par le feu de forêt histogramme	10
Figure 6	Top 5 wilaya les plus touchés par le feu de forêt el Algérie	12
Figure 7	Top 5 wilaya les plus touchés par le feu de forêt el Algérie histogramme	12
Figure 8	Moyenne des incendies de forêt entre 2012 et 2023 en Algérie	13
Figure 9	la couverture du sol de la wilaya d'El Tarf	14
Figure 10	Principe de la télédétection Lei Tian et al 2023	17
Figure 11	Répartition du Chene liege dans le monde Direct Link https://planeteliege.com/tout-sur-le-liege/un-amateur-de-climats-doux consulté le 18/04/2024	19
Figure 12	Spatio-carte de la région d'El Kala google earth pro	Error! Bookmark not defined.

Liste des tableaux :

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent	10
Tableau 2	Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent par rapport à la surface brûlée	10
Tableau 3	Superficie du Quercus suber dans le monde	19
Tableau 4	Caractéristique du chêne liège selon (Vignes, 1990).	Error! Bookm ark not define d.
Tableau 5	Exigences pédoclimatiques du chêne liège	21

ملخص:

بعد الحرائق التي حدثت في أوت سنة 2022 بولاية الطارف. قمنا بإجراء دراسة لتقييم تأثير حرائق الغابات على تجدد بلوط الفلين في منطقة القالة. حيث استخدمت هذه الدراسة نهج متكامل يجمع بين البيانات الميدانية و الاستشعار عن بعد و النمذجة الإحصائية و للحصول على نتائج دقيقة تم إتباع جملة من المراحل و التي تتمثل في:

- تحديد الموقع الجغرافي و رقمنة توزيع بلوط الفلين في منطقة القالة.
 - رسم خريطة لتوزيع بلوط الفلين باستخدام أدوات مثل نظام المعلومات الجغرافية و بيانات إدارية من البلديات الجزائرية.
 - استخدام مؤشرات الغطاء النباتي المتغير و غير المتغير المتحصل عليها من بيانات الاستشعار عن بعد للكشف عن المناطق المحترقة و تقييم التجدد بها.
 - استخدام بيانات الغطاء النباتي المغنطيسي التاريخي لتحليل الحرائق المتكررة في المنطقة على مدار 20 سنة.
 - تحديد مؤشر الرقم القياسي الموحد لتباين الغطاء النباتي غير الموحد لتحديد التجدد من الناحية الكمية.
- نظرا لما تحتويه النتائج تمكنا من معرفة أن النيران اجتاحت مساحات شاسعة تضم بلوط الفلين إذ يجب القيام بإجراءات زراعة الغابات و استغلال هذه الدراسة لما فيها من معلومات قيمة تحمي هذه النظم البيئية الهشة في ظل تواتر حرائق الغابات و تغير المناخ.

الكلمات المفتاحية: حرائق الغابات، نظام الاستشعار عن بعد، بلوط الفلين

Résumé :

Après les incendies survenus en août 2022 dans l'état d'El Tarf. Nous avons mené une étude pour évaluer l'impact des feux de forêt sur la régénération du chêne-liège dans la région d'El Kala. Cette étude a utilisé une approche intégrée combinant des données de terrain, la télédétection et la modélisation statistique et pour obtenir des résultats précis, un certain nombre d'étapes ont été suivies :

- Géo- localisation et numérisation de la distribution du chêne-liège dans la région d'El Kala.
- Cartographie de la distribution du chêne-liège à l'aide d'outils tels que ARC GIS et de données administratives provenant des municipalités algériennes.
- Utilisation d'indicateurs de végétation variables et non variables obtenus à partir de données de télédétection pour détecter les zones brûlées et évaluer leur régénération.
- Utilisation de données magnétiques historiques sur la végétation pour analyser les incendies récurrents dans la région sur une période de 20 ans.
- Déterminer l'indice NDVI pour déterminer quantitativement la régénération.

Étant donné que les résultats montrent que le feu a balayé de grandes surfaces de chêne-liège *Quercus suber*, des mesures sylvicoles devraient être mises en œuvre et cette étude devrait être exploitée pour ses informations précieuses afin de protéger ces écosystèmes fragiles à la lumière de la fréquence des incendies de forêt et du changement climatique.

Mots clés : Incendies de forêt, système de télédétection, chêne-liège

Abstract:

After the fires that occurred in August 2022 in the state of El Tarf. We conducted a study to assess the impact of forest fires on cork oak regeneration in the El Kala region. This study used an integrated approach combining field data, remote sensing and statistical modelling, and to obtain accurate results, a number of steps were followed:

- Geolocation and digitisation of cork oak distribution in the El Kala region.
- Mapping the distribution of cork oak using tools such as ARC GIS and administrative data from Algerian municipalities.
- Use of variable and non-variable vegetation indicators obtained from remote sensing data to detect burnt areas and assess their regeneration.
- Use of historical magnetic vegetation data to analyse recurrent fires in the region over a 20-year period.
- Determining the NDVI index to quantitatively determine regeneration.

Given that the results show that fire has swept through large areas of cork oak *Quercus suber*, silvicultural measures should be implemented and this study should be exploited for its valuable information to protect these fragile ecosystems in light of the frequency of forest fires and climate change.

Keywords: Forest fire, remote sensing system, cork oak

Introduction générale

Introduction

D'année en année, les incendies de forêt ravagent des millions d'hectares dans le monde, en particulier dans la région méditerranéenne (Curt & Rigolot, 2020). La ressource forestière mondiale diminue ces derniers temps. Avec un climat méditerranéen et une végétation principalement résineuse, la forêt algérienne est fortement sujette aux incendies. Selon la Direction Générale des Forêts, plus de 32 000 hectares de forêts sont brûlés chaque année, un chiffre considérable par rapport à la superficie forestière totale.

Les incendies de forêt ont souvent des répercussions économiques, sociales et environnementales négatives, parfois irréversibles. L'effet immédiat du feu sur l'écosystème forestier modifie le paysage et entraîne la disparition d'espèces végétales et animales rares ou en voie de disparition. L'impact à long terme des incendies est significatif, car la restauration d'un écosystème brûlé nécessite beaucoup de temps (Bouregbi-I, 2014). Les caractéristiques et la stabilité des sols sont affectées par les incendies, réduisant l'humidité du sol, la matière organique et l'activité biologique. La perte de couverture végétale dans les bassins versants expose les sols à l'érosion, entraînant la sédimentation des barrages et compromettant la capacité de stockage de l'eau. La diminution de la couverture forestière réduit la séquestration du carbone, augmentant ainsi la concentration de carbone dans l'air et aggravant l'effet de serre, ce qui contribue au réchauffement climatique.

En ce qui concerne les impacts socio-économiques des incendies de forêt, ils peuvent entraîner l'exode rural après la destruction des forêts ou l'urbanisation des terres brûlées. Dans certains pays où la forêt est une source de subsistance, les pertes socio-économiques sont importantes pendant et après les incendies. Les incendies exacerbent les conflits entre les propriétaires forestiers et les utilisateurs. Ils mettent en danger la sécurité et la santé des populations exposées en détruisant leurs biens et en contribuant à la pollution de l'air (fumées toxiques). Ces conséquences peuvent dépasser les frontières et affecter un grand nombre de populations (Goldammer, 2007).

La télédétection s'est avérée être un outil précieux dans la gestion des incendies de forêt. Grâce aux capteurs embarqués sur des satellites ou des avions, elle permet d'obtenir des informations détaillées et en temps réel sur les zones touchées par les incendies sur de vastes étendues de territoire. Cette capacité de surveillance globale et continue permet aux autorités de réagir rapidement et de coordonner efficacement les efforts de lutte contre les incendies.

De plus, la télédétection fournit des données cruciales pour comprendre et prévoir le comportement des incendies. En analysant les images satellites et d'autres données télédéteçtées, les scientifiques peuvent évaluer la taille, la vitesse de propagation et la direction des incendies, ainsi que prédire leur évolution future. Ces informations sont essentielles pour planifier les stratégies de lutte, identifier les zones à risque et prendre des mesures préventives.

Par ailleurs, la télédétection permet de surveiller les impacts des incendies sur l'environnement, en évaluant les dommages causés aux écosystèmes forestiers, à la biodiversité et à la qualité de l'air. Grâce à des techniques avancées d'analyse d'image et de traitement des données, il est possible de cartographier avec précision les zones brûlées, d'estimer les pertes de couvert végétal et de suivre la régénération naturelle après un incendie.

En conclusion, la télédétection offre une perspective holistique sur les incendies de forêt, fournissant des informations cruciales pour la prévention, la gestion et la restauration des écosystèmes touchés. En combinant la technologie avec l'expertise humaine, la télédétection joue un rôle crucial dans la préservation des forêts et la protection des communautés contre les ravages des incendies de forêt.

Objectif d'étude

Notre objectif de recherche est de procéder tout d'abord à la délimitation des zones touchées par les incendies en 2022 dans la région d'El Tarf, ainsi que dans la région d'El Kala, en mettant particulièrement l'accent sur les zones forestières abritant le chêne-liège. Nous cherchons essentiellement à évaluer la régénération naturelle de cette espèce clé après les incendies, dans le but de formuler des recommandations pour un aménagement forestier approprié visant à favoriser une régénération optimale du *Quercus suber* dans la région d'étude

Volet

Bibliographique

Généralités sur les incendies

Notion d'un feu de forêt

La terminologie précise de "feux de forêt" désigne généralement les incendies qui se propagent sur une surface d'au moins un hectare, formant un ensemble continu. Cependant, aucune restriction de taille n'est imposée quant aux zones brûlées. La définition de "feux de forêt" englobe non seulement les incendies qui affectent les forêts proprement dites, mais aussi les formations végétales de moindre taille telles que le maquis (une végétation dense, de hauteur inférieure à celle d'une forêt, sur des sols siliceux), la garrigue (une formation végétale plutôt ouverte sur des sols calcaires, principalement composée d'arbrisseaux) et les landes (des formations végétales sur des sols acides, comprenant des genêts et de petits arbustes) Zammit, O. (2008).

D'après (Trabaud, 1985), les incendies de forêt sont le produit d'une réaction chimique exothermique, résultant de l'action d'un comburant sur un combustible. Dans le contexte des incendies de forêt, l'oxygène de l'air agit comme le comburant, tandis que la végétation joue le rôle de combustible. Pour qu'une combustion se produise, trois éléments doivent être présents : le combustible, le comburant et une étincelle initiale. Le processus de combustion se déroule en trois étapes distinctes : tout d'abord, l'eau contenue dans le combustible s'évapore, puis des gaz inflammables sont émis par la pyrolyse, une réaction chimique qui se produit lorsque la température du combustible augmente considérablement, et enfin, l'embrassement se produit. L'amorce d'un feu est généralement causée par une étincelle ou une source d'énergie externe. Une partie de l'énergie libérée par la combustion est absorbée par les matériaux combustibles pour maintenir le processus, tandis que le reste est absorbé par la végétation environnante, favorisant ainsi la propagation du feu, notamment dans le cas des incendies de forêt (Colin & Jappiot, 2001).

Transfert de chaleur

Une fois un incendie au sein de la forêt est déclenché cette localisation est appelée foyer, si les conditions se réunissent le feu se propage, ce processus implique un échange d'énergie entre les surfaces d'un espace donné, se produisant lorsque des différences de température existent entre ces surfaces. Selon (Colin & Jappiot, 2001), le transfert de chaleur est facilité par trois processus physiques distincts : la conduction, le rayonnement et la convection :

Conduction

Il s'agit du transfert de chaleur entre deux matériaux en contact, influencé par la composition des matériaux et la différence de température entre eux. Ce phénomène se produit uniquement dans des milieux matériels tels que les solides, les liquides ou les gaz, où la chaleur se diffuse du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Lors des incendies de forêt, la conduction joue un rôle négligeable dans la propagation des feux de végétation, ne représentant qu'environ 5% des transferts de chaleur. En revanche, dans le cas des incendies de sol ou de tourbière, la conduction est le principal processus de transfert de chaleur.

Le rayonnement thermique

Le rayonnement thermique est un moyen de transfert d'énergie qui se produit à travers des ondes électromagnétiques se propageant dans l'espace, avec ou sans support matériel. Tous les corps dont la température absolue est supérieure à 0°K, équivalent à -273°C, émettent un rayonnement électromagnétique caractérisé par une fréquence qui dépend de leur température. La quantité d'énergie transférée entre deux corps par rayonnement augmente avec la différence de température entre ces deux corps. Dans le contexte des incendies de forêt, les

échanges se font principalement par rayonnement électromagnétique, en particulier dans l'infrarouge, entre une source de chaleur et un point donné. Le flux de rayonnement diminue rapidement avec la distance, car il est inversement proportionnel au carré de la distance. Lors des incendies de forêt, un front de feu agit comme un panneau radiant, émettant du rayonnement thermique. Ainsi, c'est le rayonnement à courte distance qui joue un rôle prépondérant dans l'élévation de la température et le dessèchement de la végétation intacte située au front de flamme, assurant ainsi la propagation de l'incendie.

La convection

La convection est un processus de transfert de chaleur qui se produit par le mouvement d'un fluide, généralement du gaz dans le cas des incendies. Si le déplacement du fluide est induit par une force externe, on parle de convection forcée. En revanche, si le mouvement est provoqué par des différences de densité dues à des variations de température, on parle de convection libre. Dans le cas des feux de forêt, la réaction de combustion génère des gaz chauds qui se mélangent à l'air ambiant, également chauffé. Ces gaz chauds, étant légers, s'élèvent rapidement et transmettent une grande quantité de chaleur aux combustibles intacts situés au-dessus, notamment les cimes des arbres. Ce réchauffement des combustibles les assèche, augmentant ainsi leur température jusqu'à ce qu'ils s'enflamment. Le vent aggrave la situation en poussant les gaz chauds, accélérant ainsi la propagation du feu.

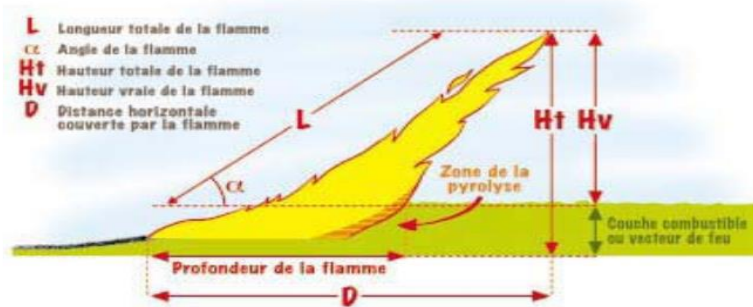


Figure 1: Géométrie de la flamme (Colin & Jappiot, 2001)

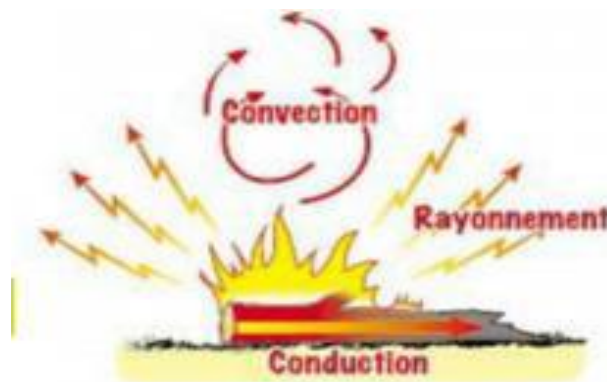


Figure 2 : Modes de transfert de la chaleur (Colin & Jappiot, 2001)

Les types de feu




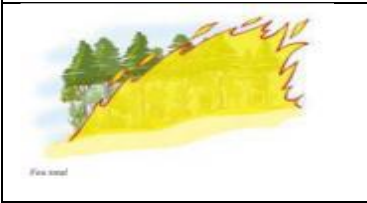

D'après Colin & Jappiot (2001), les feux de forêt se présentent sous plusieurs types :

Les feux de sol : Ceux-ci consomment la litière et l'humus, sans produire de flamme apparente. Ils peuvent se propager en profondeur, à une dizaine de centimètres sous la surface, mais sont peu fréquents dans la région méditerranéenne.

Les feux de surface : Ils affectent les strates basses et la végétation proche du sol, comme la litière, les herbes et les broussailles. Ces feux sont les plus courants, se propageant rapidement et dégageant une grande quantité de chaleur et de flammes.

Les feux de cimes : Ils embrasent les parties supérieures des arbres et se propagent rapidement. On distingue deux types : les feux indépendants, qui se propagent dans les cimes des arbres sans être liés au feu de surface, et les feux dépendants, qui en dépendent.

Le saut de feu : Ce phénomène consiste en la projection de parties enflammées dans toutes les directions, parfois transportées par le feu, ce qui peut créer des foyers secondaires. Dans la région méditerranéenne, cela se produit notamment avec les cônes du pin d'Alep, projetés sur une dizaine de mètres.

		
Feu de sol	Feu de surface	Feu de cime
		
Feu total	Sauts de feu	
Figure 3 :Types des feux de forêt (Colin & Jappiot, 2001)		

Régime du feu

Le comportement d'un feu de végétation dans une région donnée est défini par divers paramètres, notamment sa fréquence, son intensité, sa saisonnalité, et surtout le type de combustible présent, à savoir la végétation. Tout changement dans l'une de ces caractéristiques entraîne une modification du comportement du feu. (Gill, 1975) et (Pausas & Keeley, 2014).

Le régime d'incendie caractérise le comportement à long terme des incendies ou des feux de forêt. Lorsque ce régime change, certaines stratégies de lutte deviennent inefficaces, ce qui peut entraîner une altération permanente de la composition des écosystèmes. Ce changement peut être considéré comme un risque lorsqu'il s'agit de préserver la composition naturelle de la forêt. Un changement dans le régime des incendies peut rendre certaines approches de gestion inefficaces et conduire à une transformation durable de la composition de l'écosystème. Cette évolution peut être perçue comme un risque lorsque l'objectif est de maintenir la forêt dans son état naturel. (Dupuy et al., 2015).

Incendie de forêt

Dans le monde

Le Système d'Information Mondial sur les Incendies (GWIS) est une initiative conjointe des Programmes de Travail de la GEO et de Copernicus. Dans le programme de travail de la GEO GWIS pour les années 2023-2025, GWIS vise à rassembler les sources d'information existantes aux niveaux régional et national afin de fournir une vue d'ensemble complète et une évaluation des régimes d'incendie et de leurs effets à l'échelle mondiale ; les incendies cartographiés dans GWIS peuvent inclure les incendies délibérément déclenchés dans le but de la gestion de la végétation. De plus, GWIS fournit des outils pour soutenir la gestion opérationnelle des incendies de forêt, des échelles nationales aux échelles mondiales.

GWIS s'appuie sur les activités en cours du Système d'Information sur les Incendies de Forêt Européens (EFFIS), du Système d'Observation Terrestre Global (GTOS) Global Observation of Forest Cover - Global Observation of Land Dynamics (GOF-C-GOLD) Fire Implementation Team (GOF-C Fire IT), et les Réseaux Régionaux associés, complétant les activités existantes en cours dans le monde entier en ce qui concerne la collecte d'informations sur les incendies de forêt. Le développement de GWIS est soutenu par les organisations partenaires et les agences spatiales, tandis que son financement principal est fourni par la Commission européenne. Un soutien à GWIS a été fourni par la NASA dans le cadre de ses activités GEO-GWIS dans le programme ROSES. Pour plus d'infos <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/>

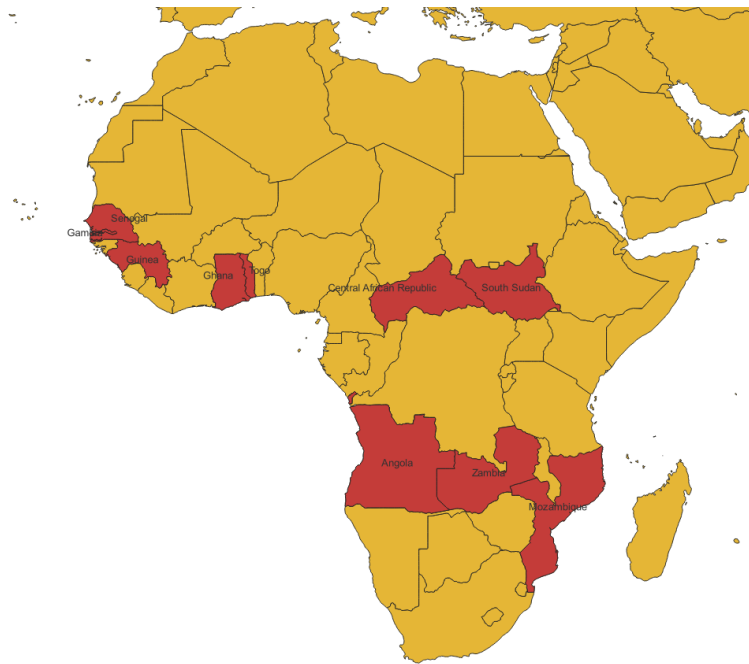


Figure 4: Top 10 des pays les plus touchés par le feu de forêt

Top 10 des pays les plus touchés par le feu de forêt, la surface moyenne brûlée (ha) par rapport à la surface de la région (Km²) entre [2002-2023] dans le monde.

Les pays les plus touchés par les feux de forêt dans le monde se trouvent généralement en Afrique centrale, où le couvert végétal forestier est particulièrement dense et couvre une vaste étendue de territoire. Ce constat émerge d'un classement basé sur la superficie brûlée entre 2002 et 2023, en rapport avec la superficie totale du pays. Cette approche permet d'indiquer indirectement le pourcentage du couvert végétal forestier touché par les incendies pendant cette période.

Les données présentées sur la carte et l'histogramme sont issues du GWIS (Global Wildfire Information System), fournissant ainsi une perspective globale de la répartition des incendies de forêt à l'échelle mondiale. L'Afrique centrale se distingue par sa forte incidence d'incendies de forêt, reflétant probablement la combinaison de facteurs tels que le climat, la végétation dense et la pression humaine sur les écosystèmes forestiers.

Cette concentration d'incendies de forêt dans les pays d'Afrique centrale souligne l'importance de mettre en œuvre des stratégies de prévention et de gestion des incendies adaptées à ces environnements sensibles. Ces mesures pourraient inclure des programmes de surveillance accrue, des pratiques de gestion forestière durable et des initiatives de sensibilisation pour réduire les risques d'incendie et protéger les écosystèmes forestiers fragiles. En comprenant les tendances et les patterns des incendies de forêt à l'échelle mondiale, il devient possible de cibler efficacement les interventions et de promouvoir une gestion proactive des risques d'incendie à travers les régions les plus vulnérables

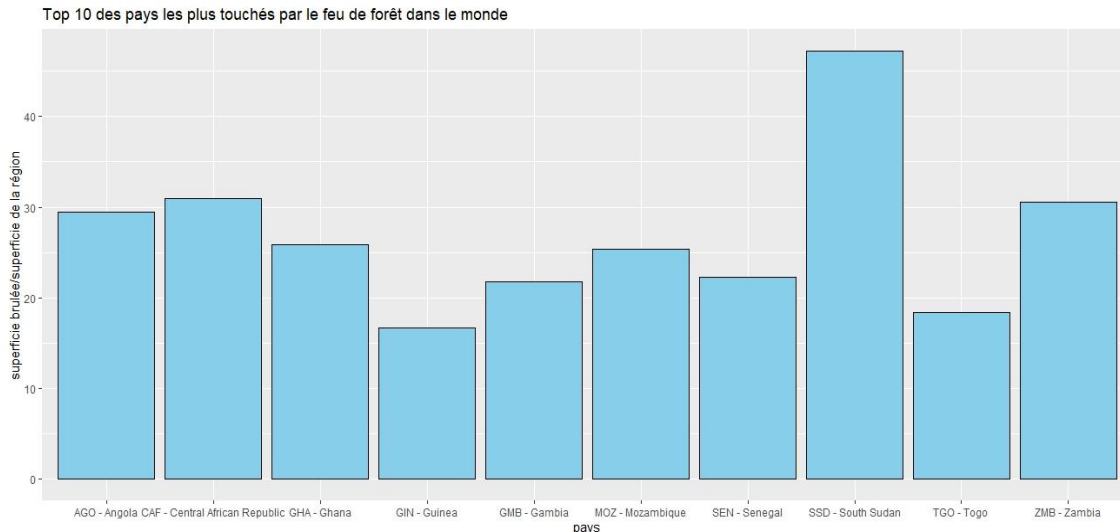


Figure 5 : Top 10 des pays les plus touchés par le feu de forêt histogramme

Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent, la surface moyenne brûlée (ha) par rapport à la surface de la région (Km2) entre [2002-2023]

	Region	Burned.Area	Nr.of Fires
Africa	SSD - South Sudan	47,235	0,046
	CAF - Central African Republic	30,973	0,06
	ZMB - Zambia	30,561	0,075
Europe	UKR - Ukraine	2,877	0,031
	PRT - Portugal	1,307	0,003
	MDA - Moldova	0,942	0,01
Asia	KHM - Cambodia	14,896	0,071
	MMR - Myanmar	4,947	0,023
	LAO - Laos	3,422	0,038
North_America	GTM - Guatemala	2,95	0,023
	HND - Honduras	2,568	0,02
	CUB - Cuba	1,879	0,015
South_America	PRY - Paraguay	5,899	0,041
	BOL - Bolivia	3,677	0,009
	VEN - Venezuela	3,031	0,014
Oceania: Top 3 des Pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent	AUS - Australia	5,82	0,004
	NSW - New South Wales	0,567	0,004
	NCL - New Caledonia	0,179	0,001

Tableau 2 : Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent

Continent	Pays le plus touché
Afrique	République Démocratique du Congo
	Angola
	Zambie
Asie	Australie
	Indonésie
	Russie
Europe	Portugal
	Espagne
	Grèce
Amérique du Nord	États-Unis
	Canada
	Mexique
Amérique du Sud	Brésil
	Argentine
	Bolivie

Tableau 3 : Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent par rapport à la surface brûlée

Top 3 des pays les plus touchés par le feu de forêt pour chaque continent, par rapport à la surface brûlée [2002-2023]

Top 5 wilaya les plus touchés par le feu de forêt, la surface moyenne brûlée (ha) par rapport à la surface de la région (Km2) entre [2002-2023] en Algérie.

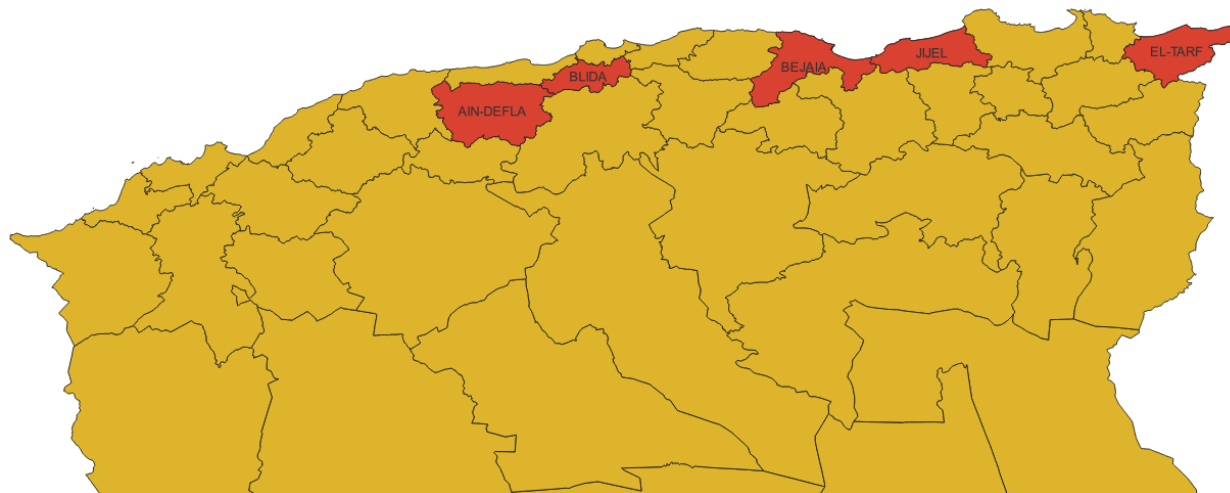


Figure 6 : Top 5 wilaya les plus touchés par le feu de forêt el Algérie

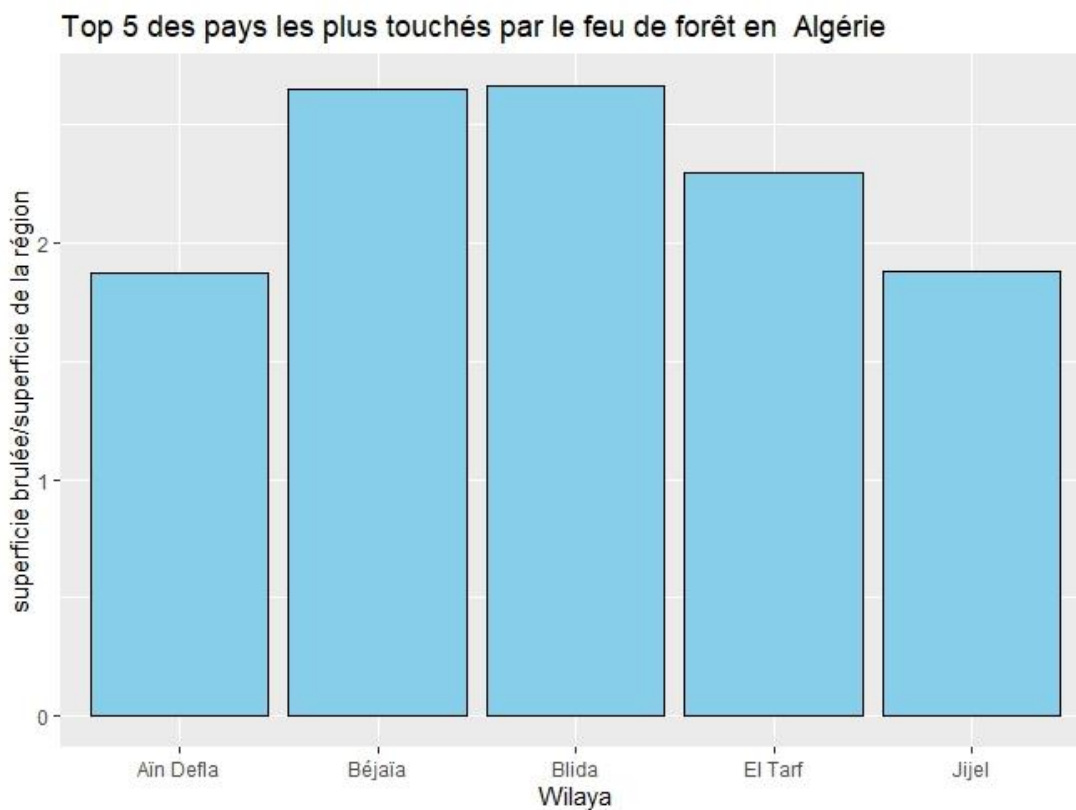


Figure 7 : Top 5 wilaya les plus touchés par le feu de forêt el Algérie histogramme

La wilaya d'El Tarf est la troisième région touchée par le feu en Algérie, une superficie considérable de cette wilaya et couverte par les écosystèmes forestiers.

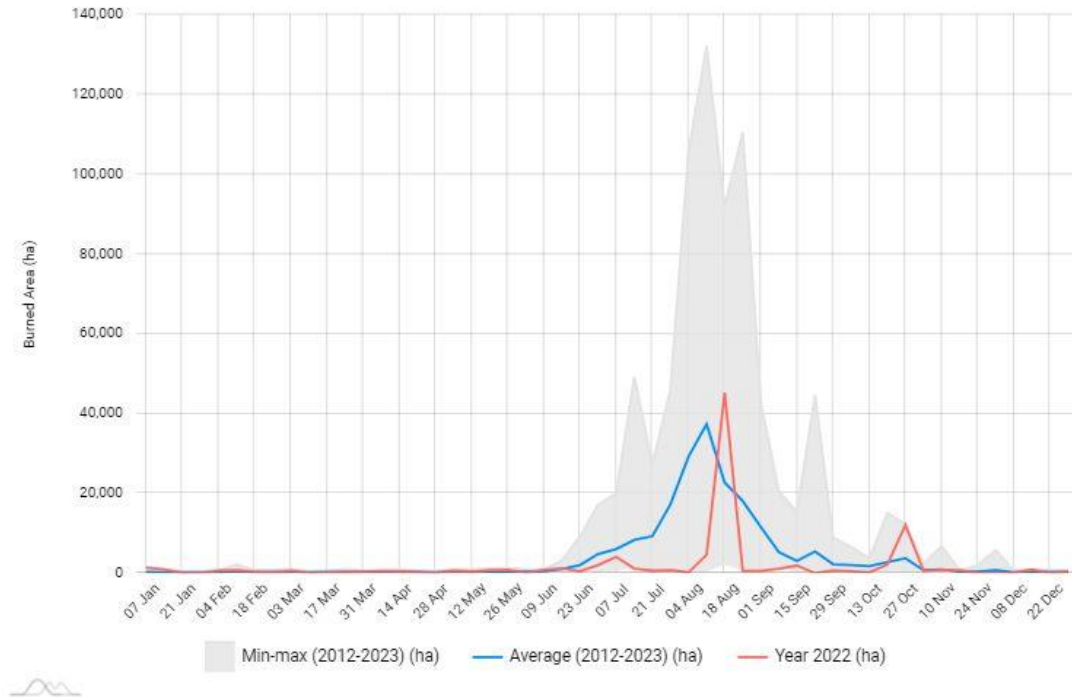


Figure 8 : Moyenne des incendies de forêt entre 2012 et 2023 en Algérie

Le graphique ci-dessus, résume les incendies de forêt entre 2012 et 2023 en moyenne la période entre le 10 juillet et le 30 septembre, plus précisément le mois d'août qui est le plus critique point de vue feu de forêt, cette période coïncide parfaitement avec la période sèche de la courbe ombrothermique de la région d'El Kala (figure n9), d'une manière tout à fait logique, pendant cette période-là quand les températures, augmentent et la précipitation diminue, la végétation devient de plus en plus sèche et constitue un bon combustible. Les vents chauds sont des véritables facteurs qui aggravent le déclenchement et la propagation du feu, les dernières semaines de la saison sèche c'est la période la plus vulnérable.

Dans la wilaya d'El Tarf

Direct link https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/country.profile/overview/ADM1/DZA.19_1

La surface moyenne brûlée (ha) par rapport à la surface de la région (Km²) et nombre de feu par rapport à la surface de la région (Km²), entre [2002-2023] dans la wilaya d'El Tarf

Burned.Area	Nr.of Fires
2,3	0,007

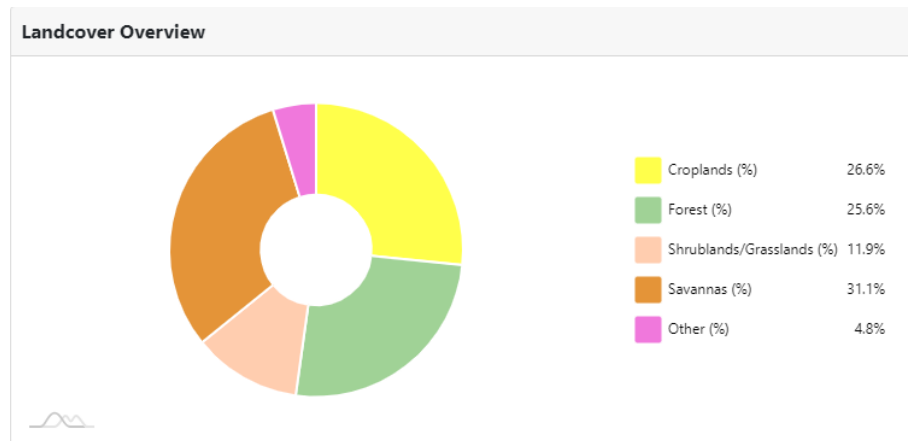


Figure 10 : la couverture du sol de la wilaya d'El Tarf

La Figure ci-dessus montre la couverture du sol de la wilaya d'El Tarf, les forêts et les agrosystèmes constituent plus de la de la superficie totale de la wilaya

Les facteurs biophysiques qui déterminent les incendies de forêt

selon Ouadah-Benkheira (2019), sont les suivants :

- **Le type de végétation et le climat** : Le climat impacte à la fois la couverture végétale, certaines formations étant plus propices aux feux que d'autres, et le développement des incendies.
- **L'occupation du territoire** : Les activités humaines des populations riveraines contribuent à l'essor des incendies de forêt, l'homme pouvant être à l'origine de leur initiation et de leur propagation. L'évolution de l'occupation du sol, notamment l'interface entre la forêt et les habitats, accroît tous les risques d'éclosion des feux, qu'ils soient intentionnels ou non.
- **La teneur en eau** : La quantité d'eau présente dans le combustible joue un rôle crucial dans l'inflammabilité. Une végétation sèche est plus sujette à l'inflammation qu'une végétation humide, même s'il s'agit de la même espèce. Une teneur élevée en eau du combustible réduit considérablement la vitesse de combustion.
- **La composition chimique** : L'inflammabilité des espèces végétales dépend de leur teneur en essences volatiles ou en résines, qui varie d'une espèce à l'autre. La présence de résine chez certaines espèces augmente leur inflammabilité et leur combustibilité. Il existe une relation inverse entre l'inflammabilité et la teneur en phosphore des végétaux, ce qui influence les incendies.
- **Les paramètres météorologiques** : Les précipitations, la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement influent sur la teneur en eau des végétaux et constituent les facteurs naturels d'initiation des incendies. Par conséquent, ces paramètres influencent également le développement du feu.

Téledétection

Outil de la téledétection

La téledétection englobe un ensemble de techniques visant à recueillir des informations sur des objets ou des phénomènes, en utilisant des instruments de mesure tels que des satellites, sans nécessiter de contact direct avec les cibles étudiées. Cette discipline exploite les propriétés des ondes émises ou réfléchies par ces objets ou phénomènes. La téledétection est largement utilisée dans divers domaines, notamment la cartographie, l'agriculture, la sylviculture, l'environnement, l'écologie et la météorologie Zammit, O. (2008).

Principes de la téledétection

Chaque processus de téledétection implique une interaction entre le rayonnement incident frappant la cible d'intérêt, ce qui modifie ce rayonnement en raison des propriétés physiques de la cible. Ce rayonnement modifié est ensuite réfléchi et enregistré par un capteur. Cette interaction est clairement illustrée dans l'utilisation de systèmes d'imagerie, appelés téledétection optique, où sont impliqués les sept éléments suivants de la téledétection (Fig. 10). Il est important de noter que la téledétection inclut également la détection de l'énergie émise et l'utilisation de capteurs non d'imagerie, appelés téledétection thermique. Les sept éléments fondamentaux de la technique de téledétection sont les suivants :

- Source d'illumination

La première nécessité pour tout processus de téledétection est d'avoir une source d'énergie qui éclaire ou fournit de l'énergie électromagnétique à la cible d'intérêt.

- Rayonnement et atmosphère

Lorsque l'énergie se déplace de sa source vers la cible, elle interagit avec l'atmosphère. Cette interaction peut se reproduire lorsque l'énergie se déplace de la cible vers le capteur.

- Interaction avec la cible

Une fois que l'énergie atteint la cible à travers l'atmosphère, elle interagit avec elle en fonction de leurs caractéristiques respectives.

- Enregistrement de l'énergie par le capteur

Après que l'énergie a été réfléchi ou émise par la cible, un capteur est nécessaire pour collecter et enregistrer le rayonnement électromagnétique.

- Transmission, Réception et Traitement

L'énergie enregistrée par le capteur doit être transmise, souvent sous forme électronique, à une station de réception et de traitement où les données sont transformées en une image (imprimée et/ou numérique).

- Interprétation et analyse

L'image traitée est interprétée, visuellement ou numériquement, pour extraire des informations sur la cible éclairée.

- Utilisateurs finaux et applications

Le dernier élément du processus de télédétection est atteint lorsque des informations utiles sont extraites des images, révélant de nouvelles informations ou aidant à résoudre des problèmes spécifiques.

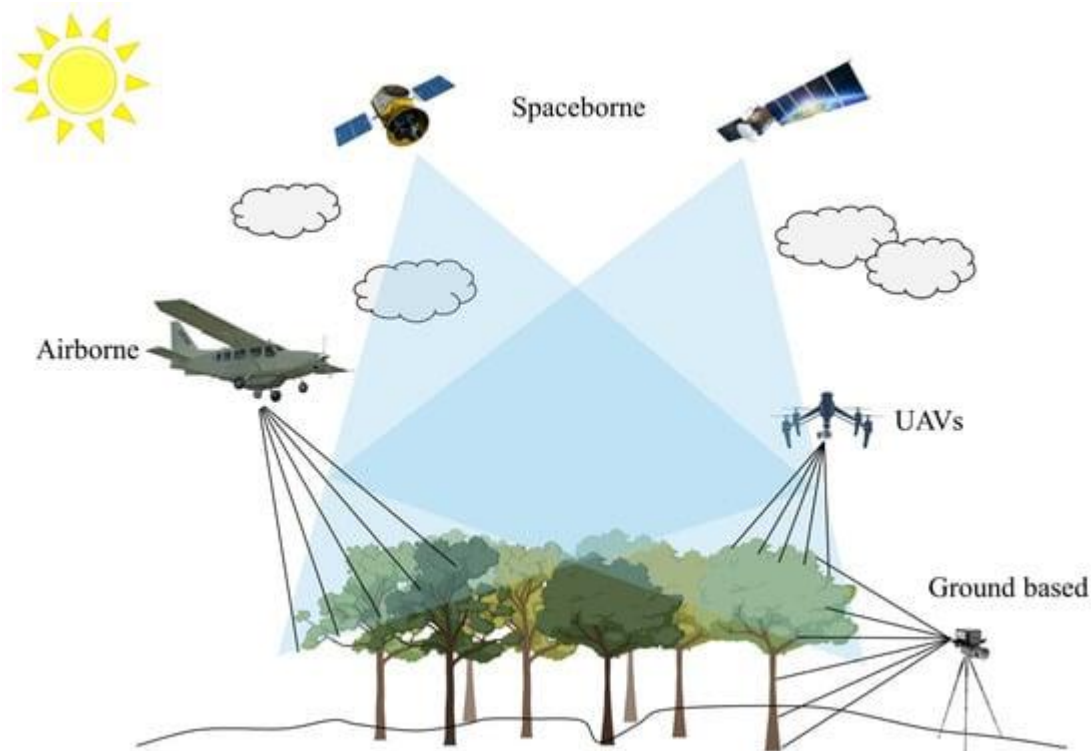


Figure 11 : Principe de la télédétection Lei Tian et al 2023

La télédétection peut contribuer à la gestion des incendies de forêts lors des trois phases :

- Avant l'incendie, elle aide à la prévention et à la gestion du risque (Chuvienco, 2003).
- Pendant l'incendie, elle est utilisée pour la gestion de la crise (Flannigan et Vonder Haar, 1986).
- Après l'incendie, elle est utile pour l'estimation des dégâts et la réhabilitation (Gonzalez-Alonzo et al., 2004). L'utilisation de la télédétection par satellite permet de réduire le coût et le temps nécessaires à l'évaluation des dégâts après un feu de forêt. De plus, elle fournit périodiquement et automatiquement des informations sur de très grandes surfaces et sur plusieurs bandes spectrales.

Chêne liège
Quercus suber

Chêne liège *Quercus suber*

Répartition géographique

À l'échelle mondiale

Le Chêne-liège (*Quercus suber* L.) est présent dans le monde dans une zone géographique relativement restreinte. Principalement localisé dans le bassin de la Méditerranée occidentale, il s'étend également le long des côtes atlantiques, couvrant ainsi une aire qui comprend sept pays d'Europe du Sud (Portugal, Espagne, Italie et France) et trois pays d'Afrique du Nord (Algérie, Maroc et Tunisie). Cette répartition est attestée par plusieurs sources (Boudy, 1950; Maire, 1961; Quezel et Santa, 1962). La superficie totale occupée par cette espèce est estimée à 2 001 833 ha, c'est une moyenne selon six différents auteurs.



Figure 12 : Répartition du Chêne liège dans le monde Direct Link

<https://planeteliege.com/tout-sur-le-liege/un-amateur-de-climats-doux> consulté le 18/04/2024

Référence	Saccardy-1937	Natividade-1956	Seigue-1985	Veillon-1998	Yessad-2000	Santos Pereira et al. 2008
Portugal	600 000	765 000	600 000	60 000	605 000	862 000
Espagne	340 000	350 000	365 000	340 000	352 000	725 000
France	150 000	149 000	54 000	70 000	56 000	44 000
Italie	75 000	107 000	70 000	70 000	70 000	99 000
Algérie	444 000	426 000	440 000	200 000	450 000	375 000
Maroc	300 000	360 000	320 000	300 000	345 000	440 000
Tunisie	140 000	114 000	45 000	100 000	90 000	144 000
TOTAL	2 049 000	2 271 000	1 894 000	1 140 000	1 968 000	2 689 000

Tableau 4 : Superficie du *Quercus suber* dans le monde

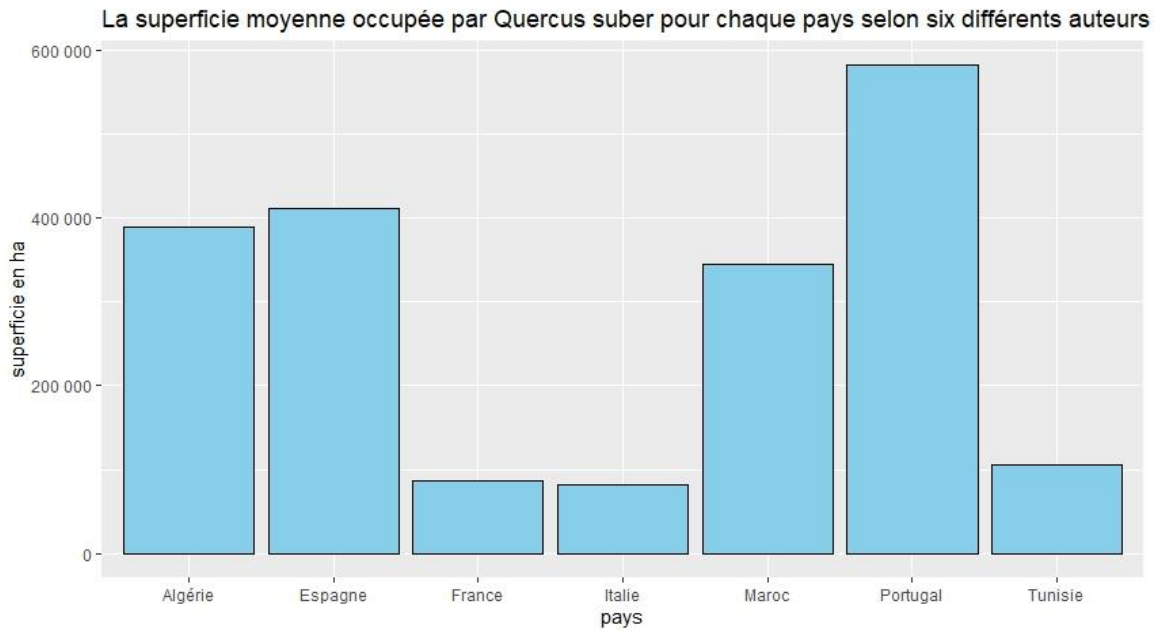


Figure 13 : Moyenne de la superficie du Quercus suber dans le monde Histogramme

Le Portugal abrite la plus grande superficie du chêne liège dans le monde, et qui exploite le plus cette ressource naturelle, également l'Algérie et l'Espagne abritent une superficie considérable.

À l'échelle nationale

Le chêne-liège étend son territoire le long de la côte est, sur des sols siliceux, dans une zone connue sous le nom de région à chêne-liège. Cette zone est caractérisée par un climat variant du subhumide à l'humide. Les plus vastes étendues de ces forêts se situent à l'est du pays, représentant plus de 80 % de la subéraie algérienne. Le long du littoral oriental, il forme un ensemble forestier continu de plus de 130 000 hectares, s'étendant de Bejaia jusqu'aux frontières tunisiennes. Les wilayas de Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba et El Tarf sont particulièrement peuplées de chênes-lièges dans cette zone côtière.

D'autres peuplements moins denses se trouvent dans la région centrale, notamment à Chlef, Tipaza et Boumerdes, ainsi que quelques îlots isolés le long de la côte ouest, comme à Oran. L'espèce s'étend également dans la région du Tell sur une largeur ne dépassant pas 100 kilomètres. Dans sa forme orientale, on la retrouve à Souk-Ahras, Guelma, El Milia et Constantine. Dans la région d'Alger, elle colonise les sols gréseux à Blida, Bouira, Tizi Ouzou, Tipaza, Médéa et Tissemsilt (Téniet El Had). Dans les montagnes de l'ouest, sa présence est surtout marquée à Tlemcen, mais elle est également présente à Mascara, Tiaret et Relizane (Boudy, 1952 ; Yessad, 2000)

Description botanique

Hauteur moyenne	10 à 15 mètres (généralement)
Hauteur exceptionnelle	20 à 25 mètres (exceptionnellement)
Forme de la cime	Irrégulière, s'étalant en longueur
Feuillage	Clair, permettant la pénétration de la lumière
Tronc (isolé)	Entouré de larges branches étalées
Tronc (en massif)	Plus droit et plus long
Longévité (non exploitée)	250 à 300 ans
Longévité (exploitée)	Environ 150 à 200 ans

Tableau 5 Caractéristique du chêne liège selon (Vignes, 1990).

Voici les exigences pédoclimatiques du *Quercus suber* selon les auteurs suivants : El Antary-Tazi et al. (2008) Boudy (1952, 1955) Cantat et al. (2005) Maire (1926) De Beaccorps (1956) Zeraia (1981, 1982) Saccardy (1937) Chollet (1997) Camus (1938) Abdelhamid (2010) Veillon (1998) Lepoutre (1965) Hasnaoui (1995) Battistini (1938) Quézel et Santa (1962) Quézel (2000).

Température	<i>Le Quercus suber</i> est une espèce relativement thermophile préfère des températures douces, avec un optimum entre 13°C et 18°C. Il ne supporte pas les gelées prolongées de -9 °C.
Humidité	Le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60%, même en saison sèche. Il exige des précipitations annuelles supérieures à 600 mm.
Lumière	Essentiellement héliophile, le chêne-liège supporte mal l'ombre. Son taux de survie et sa croissance sont significativement améliorés par un éclairage relatif élevé.
Altitude	Son aire de développement varie en fonction du relief, allant du niveau de la mer jusqu'à 1550 mètres en Algérie. Il prospère généralement entre 900 et 1000 mètres.
Exposition	À partir de 600 mètres d'altitude, le chêne-liège préfère les stations exposées au sud. Sur les versants nord, il est concurrencé par d'autres espèces.
Exigences Pédologiques	Le chêne-liège évite les sols argileux compacts, préférant les sols siliceux tels que les grès numidiens et les sables pliocènes.

Tableau 6 Exigences pédoclimatiques du chêne liège

La régénération naturelle, ou semis naturel, est déficiente en Algérie en raison du manque de pratiques sylvicoles. En tant qu'espèce nécessitant beaucoup de lumière, les jeunes semis issus

des glands ont du mal à survivre sous le couvert végétal et finissent par disparaître à l'ombre de leurs concurrents. (Belabbes, 1996)

Régénération par rejet de souche les souches de chêne-liège peuvent rejeter et produire des rejets vigoureux jusqu'à un âge avancé, selon les conditions écologiques. Le processus de drageonnement se produit souvent sur des racines superficielles ayant été traumatisées. Bien que le chêne-liège ait une forte capacité à rejeter après la taille, cette méthode est peu utilisée en Algérie en raison du manque d'informations sur sa capacité de production. (Cemagref, 1983), (Belabbes, 1996)

Mise en terre des plants la mise en terre des plants de chêne-liège préalablement produits en pépinière vise à introduire de nouveaux plants dans un peuplement forestier existant. Ce procédé permet de renouveler l'espace afin de pallier à une régénération naturelle difficile. (Zair, 1989)

Conclusion

Conclusion

Les incendies ravagent d'importantes superficies forestières dans le monde et dont les conséquences sont redoutables, la wilaya d'El Tarf a été touchée par un énorme incendie de forêt durant l'été de l'année 2022, l'intégration des données dans un système d'informations géographique nous a permis de géolocaliser les zones incendiées de toute la Wilaya, ainsi, les superficies brûlées de *Quercus suber* qui notamment représente une essence à intérêt environnementale et socio-économique important.

L'objectif principal de notre recherche est d'évaluer la régénération naturelle du chêne-liège dans la région d'El Tarf et d'El Kala suite aux incendies survenus en 2022. Nous avons d'abord délimité les zones touchées par ces incendies, en mettant un accent particulier sur les zones forestières où le chêne-liège est présent. Notre démarche vise à formuler des recommandations pour une gestion forestière appropriée favorisant une régénération optimale du *Quercus suber* dans cette région.

La méthodologie adoptée dans cette étude a permis d'explorer l'impact des incendies de forêt sur la régénération du chêne liège dans la région d'El Kala. Pour ce faire, nous avons combiné les données des services des forêts avec les données de télédétection, offrant une résolution adéquate. Ces données ont été utilisées pour détecter les incendies de forêt et évaluer leur étendue dans la région au cours de l'année 2022, en particulier en août, où une superficie importante a été ravagée.

Afin d'évaluer l'impact de ces incendies sur les forêts de chêne liège, nous avons géoréférencé et digitalisé la distribution de cette espèce dans la région. En utilisant des outils comme ArcGIS, nous avons découpé la distribution du chêne-liège à l'aide de données administratives des communes de l'Algérie. En parallèle, nous avons utilisé des indices de végétation, tels que le NDVI et le NDII, calculés à partir de données de télédétection, pour détecter les zones brûlées et évaluer la régénération post-incendie.

Nous avons également utilisé des données historiques de l'indice NBR pour analyser les incendies répétés dans la région sur une période de 23 ans, de 2000 à 2023. Ces données ont été cruciales pour évaluer la sévérité des incendies et quantifier la superficie touchée. En se concentrant sur les zones sévèrement touchées, nous avons pu évaluer la régénération naturelle du chêne-liège après les incendies.

Pour évaluer quantitativement cette régénération, nous avons utilisé l'indice NDVI, largement utilisé par les forestiers pour évaluer la densité et la vitalité de la végétation. En analysant les variations de l'indice de végétation avant et après les incendies, nous avons pu évaluer l'impact de ces événements sur la végétation. Également le model permet d'identifier des zones dont le reboisement est une priorité primordiale

Cette étude a utilisé une approche intégrée combinant données de terrain, télédétection et modélisation statistique pour évaluer l'impact des incendies de forêt sur la régénération du chêne-liège dans la région d'El Kala. Les résultats obtenus fournissent des informations précieuses pour la gestion et la conservation de ces écosystèmes fragiles dans un contexte de changement climatique et d'augmentation de la fréquence des incendies de forêt.

En perspective, afin d'améliorer la précision de la cartographie du chêne-liège dans la région d'El Kala et d'assurer un suivi efficace de cette espèce, plusieurs étapes clés peuvent être envisagées.

Tout d'abord, il serait essentiel de planifier des relevés sur le terrain pour confirmer et actualiser les données existantes sur la répartition du chêne-liège. Ces relevés devraient être menés de manière exhaustive dans différentes zones de la région, en identifiant les peuplements de chênes et en recueillant des informations détaillées sur leur densité, leur santé et leur état de régénération.

Ensuite, pour obtenir une cartographie précise de l'espèce, l'utilisation de méthodes de télédétection basées sur des images satellites à haute résolution pourrait être envisagée. Ces données pourraient être combinées avec des données collectées sur le terrain pour entraîner des algorithmes de classification d'images. Cela permettrait de distinguer les zones de chêne-liège des autres types de couverture végétale avec une plus grande précision.

Parallèlement, il serait judicieux d'établir des sites de monitoring à long terme pour suivre l'évolution des peuplements de chênes au fil du temps. Ces sites pourraient être constitués de parcelles permanentes où des mesures telles que la croissance des arbres, la mortalité, la régénération naturelle et d'autres paramètres écologiques pourraient être régulièrement évaluées. Cette approche permettrait d'obtenir des données longitudinales sur la dynamique des populations de chênes et de mieux comprendre les tendances à long terme

Références bibliographique

Références bibliographiques

Abdelhamid K., 2010 : le chêne-liège. Programme pour l'Afrique du nord, projet éducation et conservation de la biodiversité. Association Tunisienne Pour la Protection de la Nature et de l'Environnement. 49T, 4p.

ADJAMI HACHEMI RACHEDI Yasmine Étude des facteurs du dépérissement du chêne-liège dans les subéraies de l'Est Algérien, Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Ecologie Animale 2016

Arfa, A. M. T., Benderradji, M. E. H., Saint-Gérard, T., & Alatou, D. (2019). Cartographie du risque feu de forêt dans le Nord-est Algérien : cas de la wilaya d'El Tarf. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Battistini E., 1938 : Les forêts de chêne-liège de l'Algérie. Imp. Victor Heintz, Alger, 197p.

Belabbes D., 1996- le chêne-liège, la forêt Algérienne n°1, février, mars 1996, pp : 26-30.

Boudy P., 1950 : Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Larose, Paris, 172-180.

Boudy P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris. Maison rustique, 509 p

Boudy P., 1955 : Economie forestière Nord-Africaine. T.4, Description forestière de l'Algérie

Bouregbi-I. (2014). Causes et conséquences des feux de forêts sur la production du liège dans les subéraies du Nord-Est de valorisation et réhabilitation. diplôme de magister en écologie et environnement, 192p.

<https://bu.umc.edu.dz/theses/biologie/BOU6648.pdf>

Camus A., 1938 : Les chênes : monographie du genre Quercus. Paul Lechevalier, Paris, Tome I, section Cerris et Mesobalanus, 686p.

Cantat R., Piazzetta R., 2005 : La levée de liège. Institut méditerranéen de liège

Cemagref., 1983- Régénération artificielle des chênes, note technique n°50.

Chollet F., 1997– La régénération naturelle du Hêtre. ONF- Bulletin techniques n° 32

Chuvieco, E. (2003). Wildland Fire Danger Estimation and Mapping : The role of Remote Sensing data, volume 4 of Remote Sensing. World Scientific.

Colin, P.-Y., & Jappiot, M. (2001). Protection des forêts contre l'incendie: fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen (Vol. 36): Food & Agriculture Org.

Curt, T., & Rigolot, E. (2020). Prévenir les risques d'incendies de forêt dans un contexte de changement global. *Sciences Eaux Territoires*(3), pp 50-55.

De Beaucorps G., 1956 : Le sol. Ses caractéristiques intrinsèques. Ann Rech. For Maroc, tome 4, Fascicule 2, pp29-46.

Dupuy, J.-L., Boivin, T., Duché, Y., Martin-Stpaul, N., Pimont, F., & Rigolot, E. (2015). Impact du changement climatique sur les risques en forêt: le cas de l'incendie et de ses interactions avec la sécheresse et les pullulations d'insectes. *Innovations Agronomiques*, 47p, pp 29-50 .

El antary tazi S., Abourouh M., Afia A., 2008 : Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc. Tome spécial 39 : 9-18.

Fasola S, Muggeo VM, Kuchenhoff H (2018). "A heuristic, iterative algorithm for change-point detection in abrupt change models." *Computational Statistics*, 33(2), 997-1015.

Flannigan, M. D. and Vonder Haar, T. H. (1986). Forest fire monitoring using NOAA satellite AVHRR. *Canadian Journal of Forest Research*, 16 :975–982.

Gill, A. M. (1975). Fire and The Australian Flora: A Review. *Australian Forestry*, 38(1), pp 4-25.
DOI:10.1080/00049158.1975.10675618

- Goldammer, J. G. (2007). Vegetation fires and the Earth system: Trends and needs for action. HEAPS Newsletter, 3, pp 21-22.
- Gonzalez-Alonzo, F., Merino-de-Miguel, S., Garcia-Gigorro, S., Roldan-Zamarron, A., Cueva, J. M., and Arino, O. (2004). Mapping forest fire damage with Envisat. ESA bulletin, (120) :23–26.
- Hasnaoui B., 1995 : Déséquilibre de l'écosystème forestier et ses conséquences sur la faune sauvage en Tunisie : cas du sanglier et du cerf de Bérbérie. Forêt méditerranéenne, Tome XVI, n°3, pp361-368.
- Hijmans R (2024). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-27, <https://rspatial.org/raster>.
- Key, C. H. and Benson, N. C. (1999). Measuring and remote sensing of burn severity. In Joint Fire Science Conference and Workshop, Moscow, Russia.
- Kuhn, Max (2008). "Building Predictive Models in R Using the caret Package." Journal of Statistical Software, 28(5), 1–26. doi:10.18637/jss.v028.i05, <https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v028i05>.
- Lepoutre B., 1965 : Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climatique de la subéraie en forêt de Mamora. Ann. Rech. For, Maroc, 279p.
- Maire R., 1926 : Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec carte/ Alger.
- Maire R., 1961 : la flore de l'Afrique du Nord. Vol.7. Paul Lechevalier, Paris, 329p.
- Muggeo VM, Atkins DC, Gallop RJ, Dimidjian S (2014). "Segmented mixed models with random changepoints: a maximum likelihood approach with application to treatment for depression study." Statistical Modelling, 14, 293-313.
- Natividade J.V., 1956- Subericulture. ED Française de l'ouvrage Portugais subériculture E.N.E.F. (Nancy), 303p.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2014). Abrupt climate-independent fire regime changes. Ecosystems, 17(6), pp 1109-1120.
- Quezel P., 2000 : Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117p.
- Quezel P., et Santa S., 1962 : Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Taom 1. CNRS, Paris, 565p.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Third ERTS Symposium.
- Saccardy L., 1937- Notes sur le chêne-liège en Algérie. Bulletin de station de recherches forestières (du Nord de l'Afrique), tome 2 fascicule n°3. Ed. Service des forêts, 273-363.
- Santos Pereira J., Burgalho M.N. & Caldeira M.C., 2008- From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR (Portugal). 44p.
- Seigue A., 1985a- La forêt méditerranéenne et ses problèmes. Paris : Maisonneuve et La rose. 502 p. Seigue A., 1985b – La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Techniques agricoles et productions méditerranéennes, Ed. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., Paris, 69-82p et 302- 305p.
- Tian, L., Wu, X., Tao, Y., Li, M., Qian, C., Liao, L., & Fu, W. (2023). Review of remote sensing-based methods for forest aboveground biomass estimation: Progress, challenges, and prospects. Forests, 14(6), 1086.
- Trabaud, L. (1985). Aspect floristique de la recolonisations des garrigues de Quercus coccifera et des forêts de Pinus halepensis après incendie in Bas Languedoc (Sud de la France). Jornadas sobre bases ecológicas per la gestió ambiental. Montesqui (Ripollès), pp13-16.
- Veillon S., 1998- Guide technique de subériculture dans les Pyrénées- orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. FIF-ENGREF, Institut méditerranéen du liège, Compagnie Bas-Rhône-Languedoc ; 1998.

Wickham H (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4

Yessad, S.A. & André, P. 2000- Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. – L'ASBL Forêt Wallone: 190 p.

Zair M., 1989 : Influence des méthodes de plantation et d'élevage en pépinière sur la reprise des plants de chêne-liège (*Quercus suber* L.). Thèse. Institut National Agronomique .El Harrach, Dépt.de Foresterie, Alger, Algérie. 50 pp.

Zammit, O. (2008). Détection de zones brûlées après un feu de forêt à partir d'une seule image satellitaire SPOT 5 par techniques SVM (Doctoral dissertation, Université Nice Sophia Antipolis).

Zeraia L., 1981- essai d'interprétation comparative des données écologique, phénologique et de production subero-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence Cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille, 367 p.

Zeraïa L., 1982 - - Le chêne-liège : phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Alger : Institut National de la Recherche Forestière, 159 p.